



Laboratorium voor Toegepaste  
Geologie en Hydrogeologie  
Geologisch Instituut  
Krijgslaan 281, S8  
B-9000 Gent  
Tel.: 09/264 46 47  
Fax: 09/264 49 88

Vakgroep Omgeving  
Onderzoeksgroep  
Bodemvruchtbaarheid en  
nutriëntenbeheer  
Coupure links 653  
9000 Gent  
Tel. 09 264 60 53  
Fax 09 264 62 47

**Project nitraatrijke bronnen**

**LUIK 2**

**Rapport testsite 8**

**Asse**

**Opdrachtgever**

**VLM**

**Leiding:**

Prof. Dr. K. Walraevens  
Prof. Dr. ir. S. De Neve

**Studie en verslag:**

M. Van Camp  
J. De Waele

**Dossiernummer:** TGO 17/02

**Datum:** feb 2021

## **INHOUD**

- 1 Inleiding
- 2 Beschrijving van het studiegebied
  - 2.1 Ligging en perimeter
  - 2.2 Topografie en hydrografie
  - 2.3 Geologie
  - 2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie
  - 2.5 Grondwaterstroming
  - 2.6 MAP meetpunt
- 3 Veldwerk
  - 3.1 Installatie peilbuizen
  - 3.2 Wateranalysen
- 4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone
  - 4.1 Inleiding
  - 4.2 Werkwijze
    - 4.2.1 Studiegebied
    - 4.2.2 Twee simulatieperiodes
    - 4.2.3 Toekennen van modelparameters
      - 4.2.3.1 Databanken
      - 4.2.3.2 Bodembedekking
      - 4.2.3.3 Bodemorganische stof
      - 4.2.3.4 Bodemtextuur
      - 4.2.3.5 Teelten en nateelten
      - 4.2.3.6 Dierlijke bemesting
      - 4.2.3.7 Minerale bemesting
      - 4.2.3.8 Stikstofdepositie
      - 4.2.3.9 Weersgegevens
  - 4.3 Resultaten
    - 4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Assenede
    - 4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen
    - 4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland
    - 4.3.4 Validatie nitraatresidu
  - 4.4 Besluit
- 5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone
  - 5.1 Modelinvoer
  - 5.2 Modelresultaten
- 6 Synthese en conclusies

## LIJST DER FIGUREN

- Fig 2.1 Ligging van de testsite Asse en van MAP meetpunt  
Fig 2.2 Topografie en hydrografie van de testsite Asse en omgeving  
Fig 2.3 Zicht op de beek stroomopwaarts van het MAP meetpunt  
Fig 2.4 Een bronnetje dat nabij het MAP meetpunt naast de beek voorkomt  
Fig 2.5 Dikte (in m) van het quartaire dek  
Fig 2.6 Afdgedekte tertiair geologische kaart van de testsite Asse en omgeving  
Fig 2.7 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Asse  
Fig 2.8 Gemiddelde seizoenale fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Asse  
Fig 2.9 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Asse  
Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Asse  
Fig 3.2 De geoxideerde quartaire deklaag  
Fig 3.3 Crossplot van het ijzergehalte en het nitraatgehalte  
Fig 3.4 Crossplot van het bicarbonaatgehalte en het nitraatgehalte  
Fig 3.5 Crossplot van het bicarbonaatgehalte en het calciumgehalte  
Fig 4.1 Stroomgebied Asse  
Fig 4.2 Overzicht van de modelinvoer  
Fig 4.3: Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Asse  
Fig 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g-1 droge bodem) voor het stroomgebied Asse  
Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Asse  
Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Asse  
Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Asse  
Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Asse  
Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België  
Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt in 2012 en teelt, waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013.  
Fig 4.11 Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied  
Fig 4.12 Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer  
Fig 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige simulatieperiode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017 is weergegeven  
Fig 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland  
Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland  
Fig 4.16: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland  
Fig 4.17 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

Fig 5.1 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (1968-2017)

Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (vanaf 1999)

## **LIJST DER TABELLEN**

Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Asse

Tabel 3.2 Opgemeten nitraat en-, ijzer- en bicarbonaatgehalten in de eerste meetcampagne in testsite Asse

Tabel 3.3 Resultaten van de grondwateranalyses (ronde 1)

Tabel 4.1: Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype

Tabel 4.2: Bodemparameters per textuurklasse

Tabel 4.3: Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)

Tabel 5.1 Maandelijksse wegingsfactoren in het model van de testsite Asse

## 1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van de verslaggeving van luik 2 van het project "Nitraatrijke bronnen: invloed van grondwater op oppervlaktewaterkwaliteit". Het bevat de rapportering van de testsite "Asse", de achtste van tien testsites die geselecteerd werden in het kader van het project. Het bevat de beschrijving en karakterisering van de testsite en de resultaten van de toepassing van de ontwikkelde methodologie en modellering met het ontwikkelde BFN model.

De methodologie en het ontwikkelde model dienen om de toevoer van nitraten via het grondwater naar oppervlaktewaters te kwantificeren. Bij vergelijking van de modelresultaten met meetgegevens moet steeds in beschouwing worden genomen dat de meetwaarden ook beïnvloedt zijn door oppervlakkige afvoer ("run off"), soms in sterke mate, en dat dit proces niet in de model is opgenomen. Dit was conform de projectopdracht ook niet vereist. Oppervlakkige afvoer is een proces dat op dagelijkse basis dient gekwantificeerd te worden en waarvan de invloed ook van dag tot dag variabel is. Het kan de oorzaak zijn dat sommige metingen sterk afwijkende waarden hebben en outliers vormen in de meetreeksen. Het BFN model werkt niet op dagelijkse basis omdat dit niet nodig is voor de doelstelling waarvoor het ontwikkeld is. Men kan niet verwachten dat een model waarin dit proces niet op een adequate wijze ingebouwd is tot een zeer goede overeenstemming met de meetreeksen zou leiden. Het heeft ook weinig zin de huidige modellen te proberen te optimaliseren als een belangrijk proces niet kan worden opgenomen.

Het verslag werd ingedeeld in de volgende hoofdstukken:

Hoofdstuk 2 : beschrijving van het studiegebied

Hoofdstuk 3 : beschrijving van het uitgevoerde veldwerk en metingen

Hoofdstuk 4 : toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

Hoofdstuk 5 : toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

Hoofdstuk 6 : synthese en conclusies

Het laatste hoofdstuk geeft een kort overzicht van de testsite Asse.

## 2 Beschrijving van het studiegebied

### 2.1 Ligging en perimeter

De testsite Asse betreft het afstroomgebied van MAP meetpunt 232900 in de Terheidenboslaan in Asse (fig 2.1). Het MAP meetpunt is gelegen op een zijbeek van de Vliete Bollebeek (fig 2.1). Deze waterloop heeft geen officiële naam. De testsite heeft een SW-NE oriëntatie en is ongeveer 1500 m lang en 600 m breed.

### 2.2 Topografie en hydrografie

Het afstroomgebied bestaat uit de beekvallei die ingesneden is tussen twee heuvels (fig 2.2). De valleibodem zelf loopt op van ongeveer + 51 m TAW aan het MAP meetpunt, tot ca +64 aan de Langeweide en ca +72 waar de beek zou ontspringen volgens de VHA. Langs de noordzijde wordt het afstroombekken door een duidelijke topografische kam begrensd die tot 10 m hoger ligt dan de vallei as. Op de zuidflank is het topografisch verschil beperkt tot minder dan 5 m.

Er komt slechts één enkele waterloop voor in het testgebied (fig 2.2): de naamloze zijbeek van de Vliet Bollebeek (fig 2.3). In de vallei as, vooral in het stroomafwaarts deel net voor het MAP meetpunt, komen bronnetjes voor zijdelings langsheen de beek (fig 2.4). Het water van deze bronnetjes vloeit dan in de beek. De bronnetjes zorgen voor een duidelijke uitvloeit van grondwater : dit blijkt na in situ metingen van het nitraatgehalte ook hoge nitraatconcentraties te bevatten.

### 2.3 Geologie

Boven het tertiair substraat komt een quartaire bedekking voor die tot ca 10 m dikte kan hebben (fig 2.5). In de as van de vallei neemt de quartaire opvulling in dikte af in stroomopwaartse richting. Nabij het MAP meetpunt is ze nog een 10 m dik, maar het dek wordt zeer dun in het zuidwesten, maar het onderliggend tertiair kleisubstraat ondiep voorkomt. De dikte van het quartair dek neemt toe op de valleiflanken. Zo komt op de noordelijke heuvel op het hoogste punt ook tot 10 m bedekking voor. Het quartair dek wordt gevormd door de Formatie van Veldwezelt en Gembloux: deze bestaat uit kleirijke loess.

Onder het quartair dek ligt het tertiair substraat (fig 2.6). Doordat de vallei oploopt van noordoost naar zuidwest komen in deze richting steeds jongere afzettingen voor. De tertiaire lagen zijn van mariene oorsprong. Nabij het MAP meetpunt ligt er onder het 10 m dik quartair dek zanden van de Formatie van Lede (Ld). Deze plaats zit dicht tegen het contact met de onderliggende Formatie van Gent (Ge). Ongeveer 400 m stroomopwaarts verandert de lithologie van het substraat en vormt de klei van de Formatie van Maldegem (Ma en MaUr), de zgn "Bartoonklei", de eerste tertiaire laag. Ten westen van de veldweg Langeweide, waar de topografie oploopt tot boven de 67 m komt bovenop de Bartoonklei nog zanden van de Formatie van St Huibrechts Herne (Sh) voor. Op de zuidflank van de testsite komt mogelijk een restant van de Formatie van Bolderberg (Bd) voor, maar dit is van weinig belang.

Een overzicht van de lithologie van de verschillende tertiaire eenheden, van jong naar oud, zoals ze beschreven staan in DOV:

#### Formatie van Bolderberg (Bd)

Geel fijn zand, zeer weinig glauconiethoudend, mica-blaadjes, onderaan grind met blauwe eivormige vuursteenkeien.

#### Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (Sh)

Grijsgroen zeer fijn zand, kleihoudend, glauconiethoudend, glimmerrijk.

#### Formatie van Maldegem (Ma)

Grijze afwisseling fijn zand en klei, glauconiethoudend, glimmerhoudend, onderaan klei, zandhoudend, sterk glauconiethoudend.

#### Formatie van Maldegem, Lid van Ursel (MaUr)

Grijsblauwe tot blauwe klei, wanneer Lid van Asse niet afzonderlijk gekarteerd is deze inbegrepen in het Lid van Ursel.

#### Formatie van Maldegem, Lid van Wemmel (MaWe)

Grijs tot groen fijn zand, kleihoudend, glauconiethoudend, basisgordel met Nummulites wemmelensis.

#### Formatie van Lede (Ld)

Lichtgrijs fijn zand, soms kalksteenbanken, kalkhoudend, fossielhoudend (Nummulites variolarius), soms glauconiethoudend, basisgrind.

#### Formatie van Gentbrugge (Ge)

Grijsgroen fijn zand, glauconiethoudend, overgaand in klei zandhoudend tot donkergrijze klei, plaatselijk zandsteenbanken (veldsteen).

## **2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie**

De hydrogeologische/hydrostratigrafische opbouw is gecorreleerd aan de geologische opbouw.

De quartaire bedekking bestaat uit kleirijke loess: dit heeft door het aanzienlijk leem en kleigehalte een beperkte doorlatendheid. Vermits het quartair dek vooral in het stroomafwaarts deel een 10 m dik is, vindt grondwaterinstroming in de beek vooral doorheen deze leezmhoudende laag plaats. De vaststelling op het veld dat er een significante instroom is via bronnetjes wijst er op dat zicht in het leemdek preferentiële stroomwegen hebben ontwikkeld. De grondwaterstroming gebeurt dan hoofdzakelijk via deze uitgespoelde gangetjes en niet door de leem zelf.



Het onderliggend tertiair substraat bestaat uit Lediaan zand nabij het MAP meetpunt. Deze zanden zijn goed doorlatend en kunnen voor een aanvoer van grondwater zorgen, maar dit Lediaan water moet dan nog doorheen de leembedekking opkwellen vooraleer het de beek kan instromen. Meer stroomopwaarts vormt de Bartoonklei het substraat. Dit is een zeer weinig doorlatende laag, grondwaterinstroom vanuit het tertiair substraat moet hier niet verwacht worden. In het meest stroomopwaarts deel van de testsite, in het zuidwesten, komen boven op Bartoon kleilaag nog zanden van de Formatie van St Huibrechts Herne voor. Hier is ook de quataire bedekking dunner. Hier kan instroom van grondwater vanuit deze formatie gebeuren.

## 2.5 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming wordt in dit afstroomgebied door de topografie bepaald. De stroming zal vanaf de valleiflanken naar de beek toe lopen, en in de beekvallei zelf van zuidwest naar noordoost, volgens de helling van het bekken.

## 2.6 MAP meetpunt

### 2.6.1 Voorstellingswijze van de meetgegevens

De evolutie van het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt wordt geëvalueerd door de concentraties in drie verschillende grafieken voor te stellen :

*Grafiek 1 (fig 2.7):*

Een tijdsgrafiek van de concentraties.

*Grafiek 2 (fig 2.8):*

Een meer kwantitatief beeld van de seizoenaliteit wordt verkregen door de metingen fractioneel in de tijd voor te stellen : de nitraatconcentraties worden dan geplotted tussen het begin van het jaar (linkerzijde grafiek) en het einde van het jaar (rechterzijde grafiek). De puntdata worden gefit met een goniometrische sinusfunctie: deze geeft een regelmatige seizoenale schommeling weer die toont in welk seizoen de hoogste waarden voorkomen.

*Grafiek 3 (fig 2.9):*

De echte seizoenale fluctuatie volgt geen zuivere wiskundige functie. Daarom worden maandelijkse statistische karakteristieken gegeven in de vorm van mediaanwaarden en kwartielen. Er is gekozen voor de mediaanwaarde van de nitraatconcentratie per maand i.p.v. het rekenkundig gemiddelde om de invloed van outliers en extreme waarden te beperken. Een grafische voorstelling in de vorm van een boxplot geeft voor elke maand in de vorm van een rechthoek de 25% en 75% kwartielwaarden weer (resp basis en top van de rechthoek). De mediaanwaarde is apart aangegeven met een rood symbool, de mediaanwaarde is als label bijgezet . Boven elke rechthoek zijn de laagste en hoogste meetwaarde aangeduid met een verticale lijn, al kunnen deze extremen outliers zijn.

## 2.6.2 Evaluatie

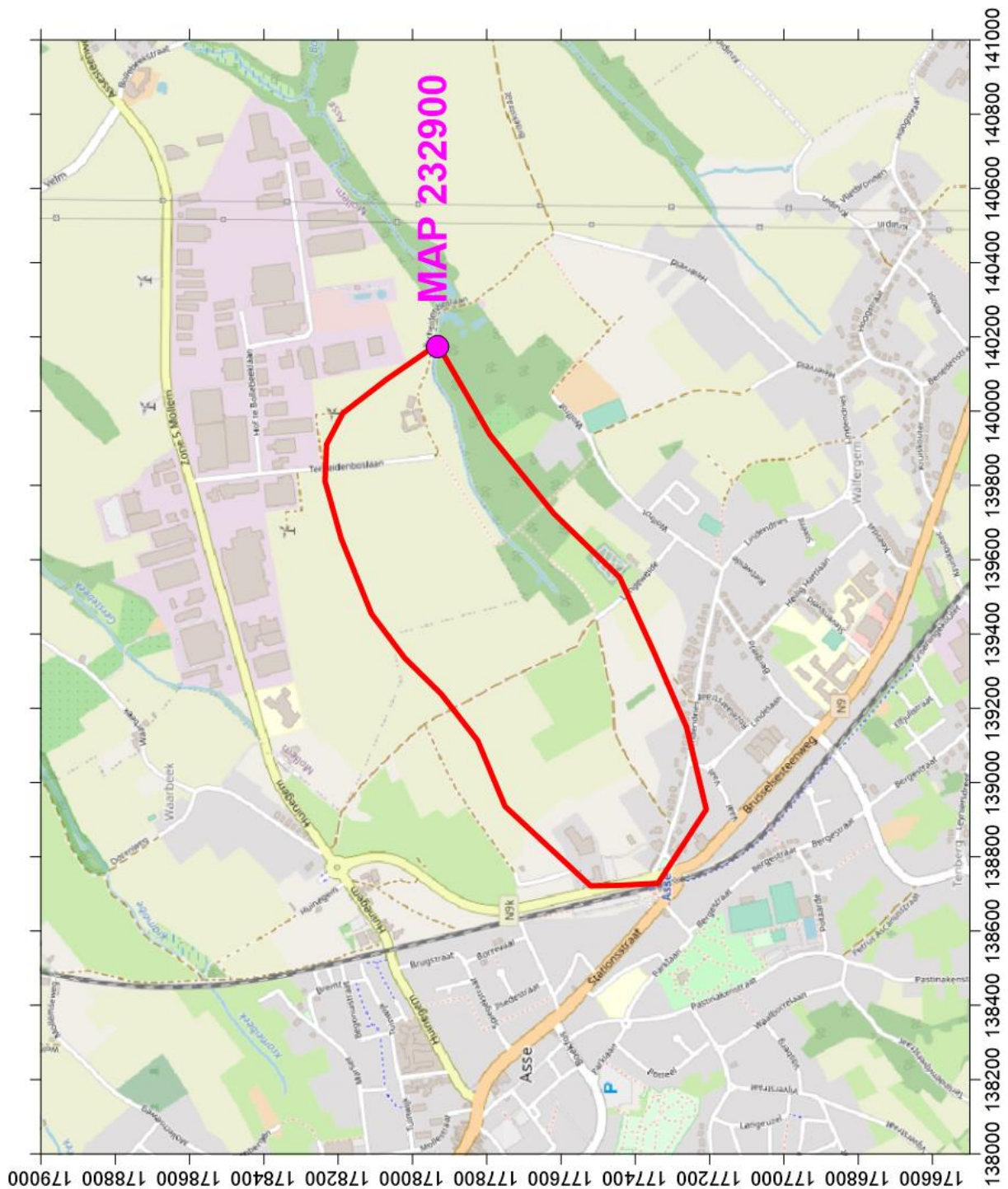
Het belangrijkste kenmerk van de tijdsevolutie van het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt (fig 2.7) zijn de sterke seizoenselijke variaties met hoge zomer waarden en lage winterwaarden. In de periode 2003-2007 werd gedurende 5 opeenvolgende jaren telkens in de zomer de 50 mg/l overschreden in meerdere maanden, al daalden de maximale waarden wel tot ongeveer 50 mg/l in 2007. Na 2007 werd er nog in 3 jaar een overschrijding vastgesteld : in 2010, 2012 en 2014. De maxima lagen toen tussen 50 en 60 mg/l. De winterminima liggen tussen 20 en 30 mg/l, maar sporadisch komen veel lagere concentraties voor. Deze zijn gekoppeld aan hevige regenval wanneer er veel runoff optreedt.

Op de seizoensgrafiek (fig 2.8) is duidelijk te zien dat de hoogste concentraties steeds in de zomermaanden voorkomen en er in de winterperiode geen overschrijdingen van de 50 mg/l norm gebeuren. Opvallend is ook dat de concentraties een veel grotere spreiding vertonen in de zomerperiode. In de winter , zeker in de periode januari tot maart, zijn de gehalten vrij constant en liggen tussen de 20 en 30 mg/l. Ondanks de hoge concentraties in de zomer worden in deze periode soms ook lage concentraties gemeten. Fitting van alle data met een seizoenscurve toont dat in de zomer de gemiddelde concentratie dicht bij de 50 mg/l ligt.

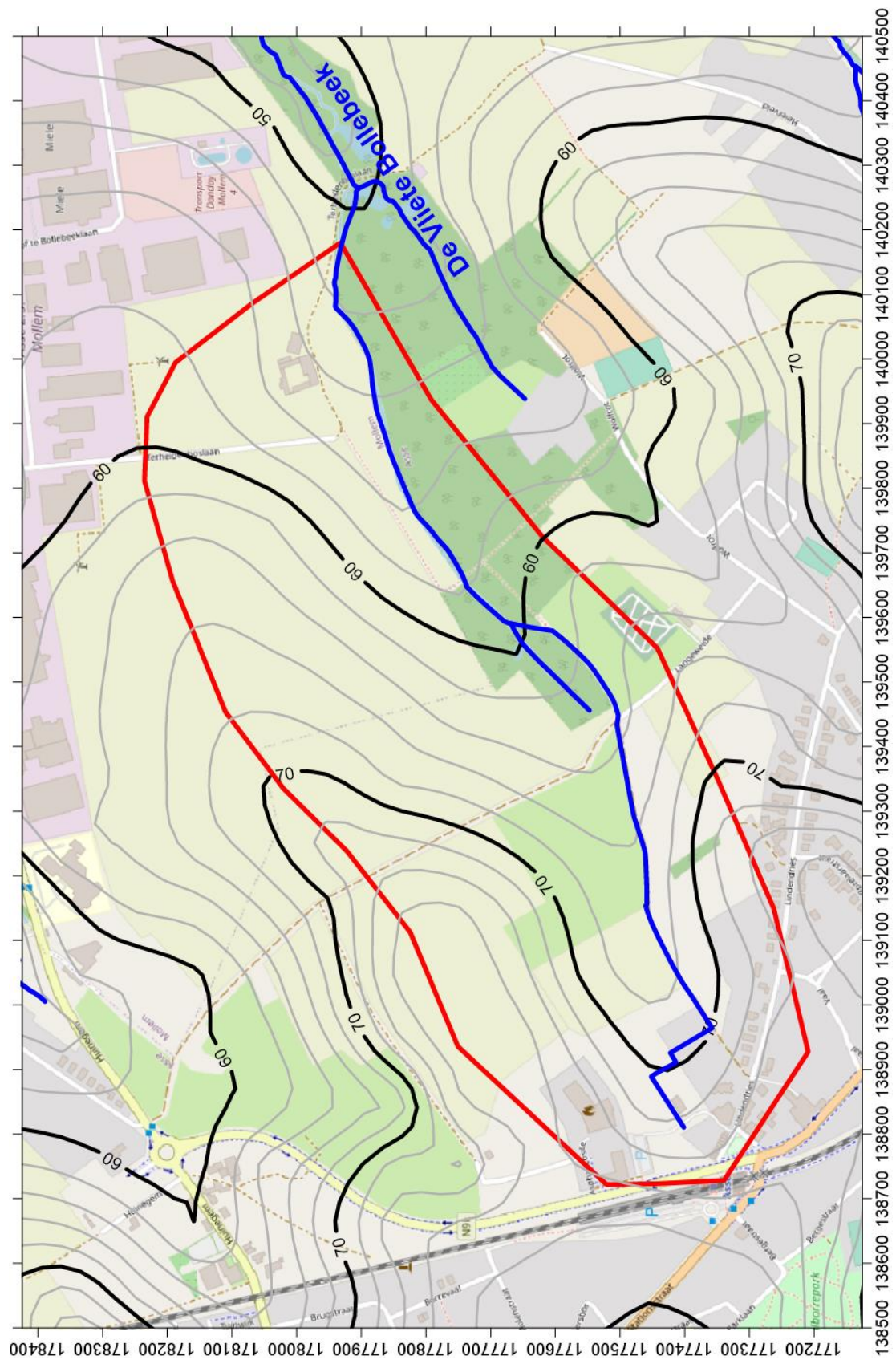
De grafiek met de maandgemiddelden (fig 2.9) toont dat de hoogste gemiddelde concentratie in juni valt : er is dan gemiddeld ca 44 mg/l nitraat. Hoe concentraties houden aan van juni t.e.m. oktober. In de wintermaanden en het voorjaar ligt de gemiddelde maandconcentratie rond de 20 mg/l. De maanden met de grootste variatie in gehalten vallen op de overgang van de winter- en de zomerperiode : de maanden mei en november.

Uit de grafieken kan geconcludeerd worden dat de nitraataanvoer hier vooral via het grondwater gebeurt. Dat wordt in de winter verdund door een grotere bijdrage van runoff water : daardoor worden de concentraties gehalveerd.

Fig 2.1 Ligging van de testsite Asse en van MAP meetpunt



**Fig 2.2 Topografie en hydrografie van de testsite Asse en omgeving**



**Fig 2.3 Zicht op de beek stroomopwaarts van het MAP meetpunt**



**Fig 2.4 Een bronnetje dat nabij het MAP meetpunt naast de beek voorkomt**



**Fig 2.5 Dikte (in m) van het quartaire dek**

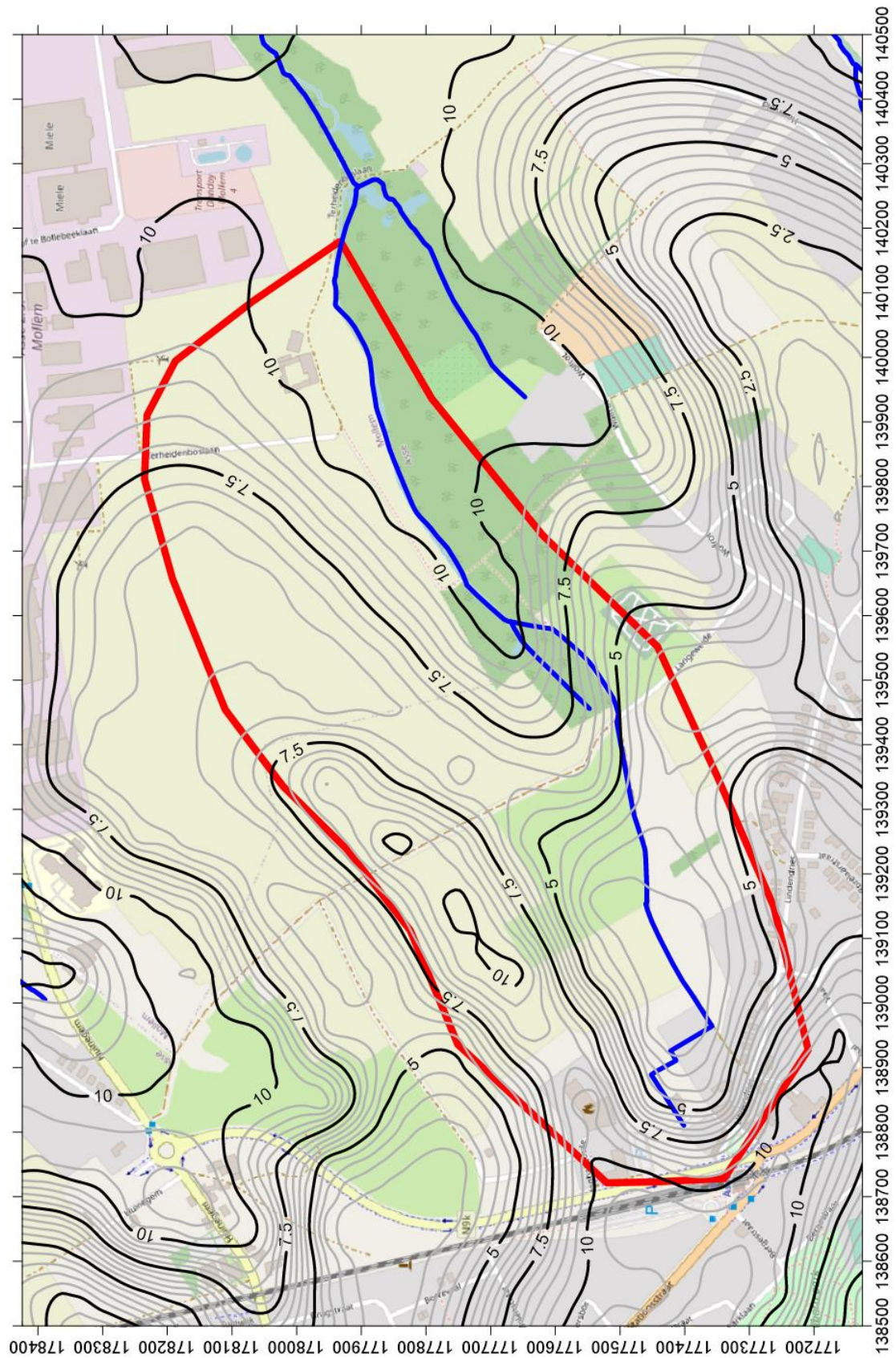
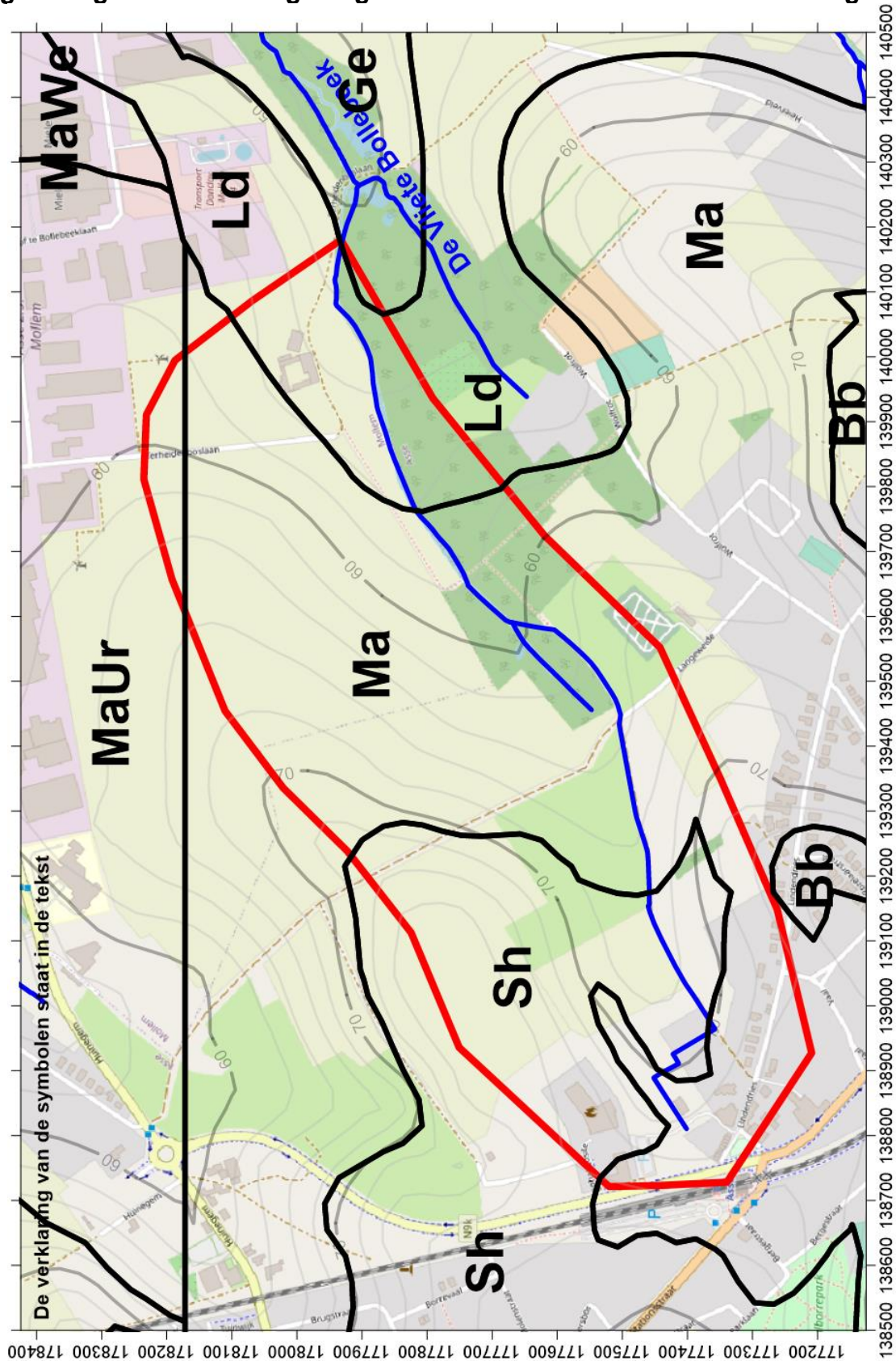
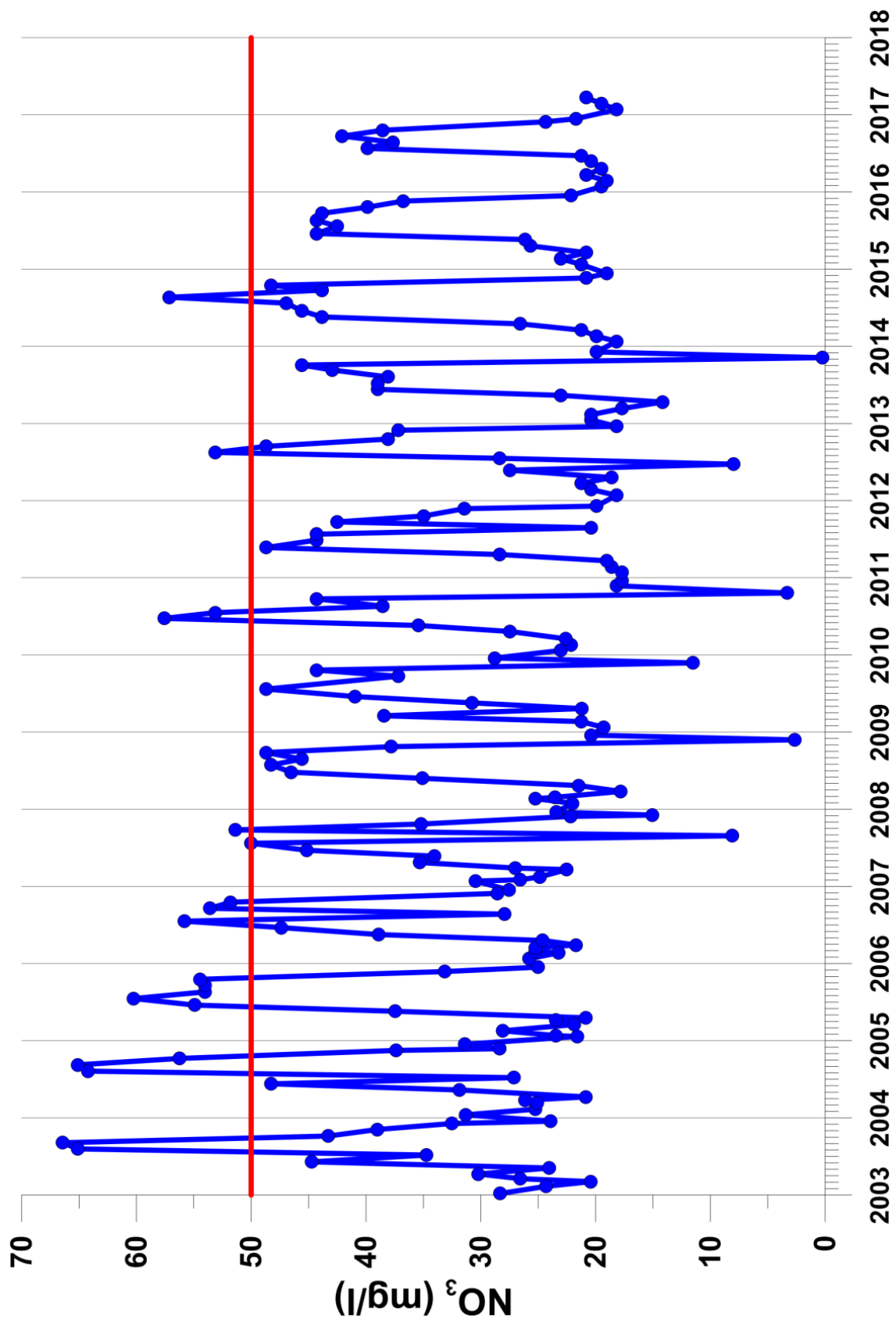


Fig 2.6 Afgedekte tertiair geologische kaart van de testsite Asse en omgeving

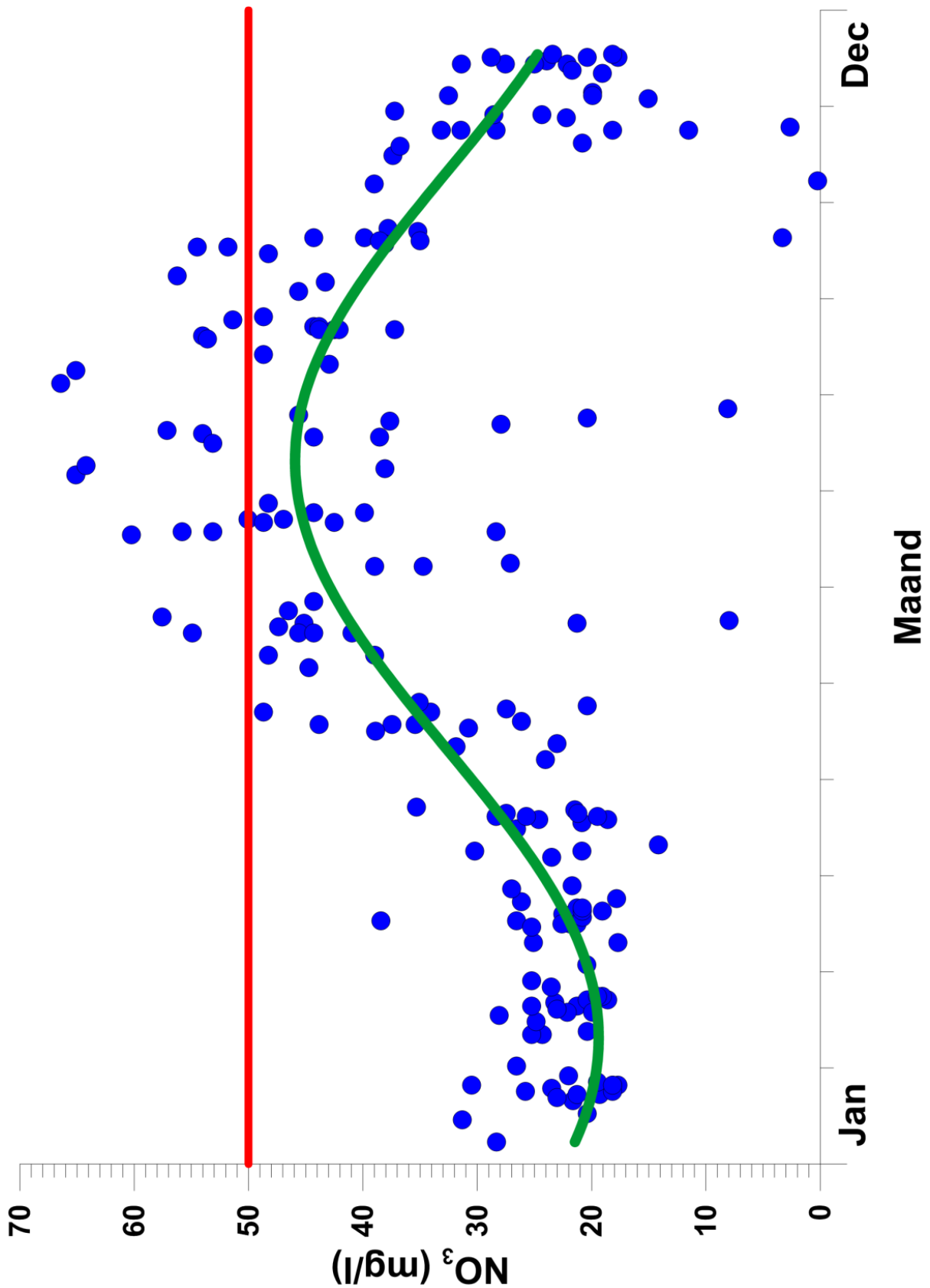


**Fig 2.7 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Asse**

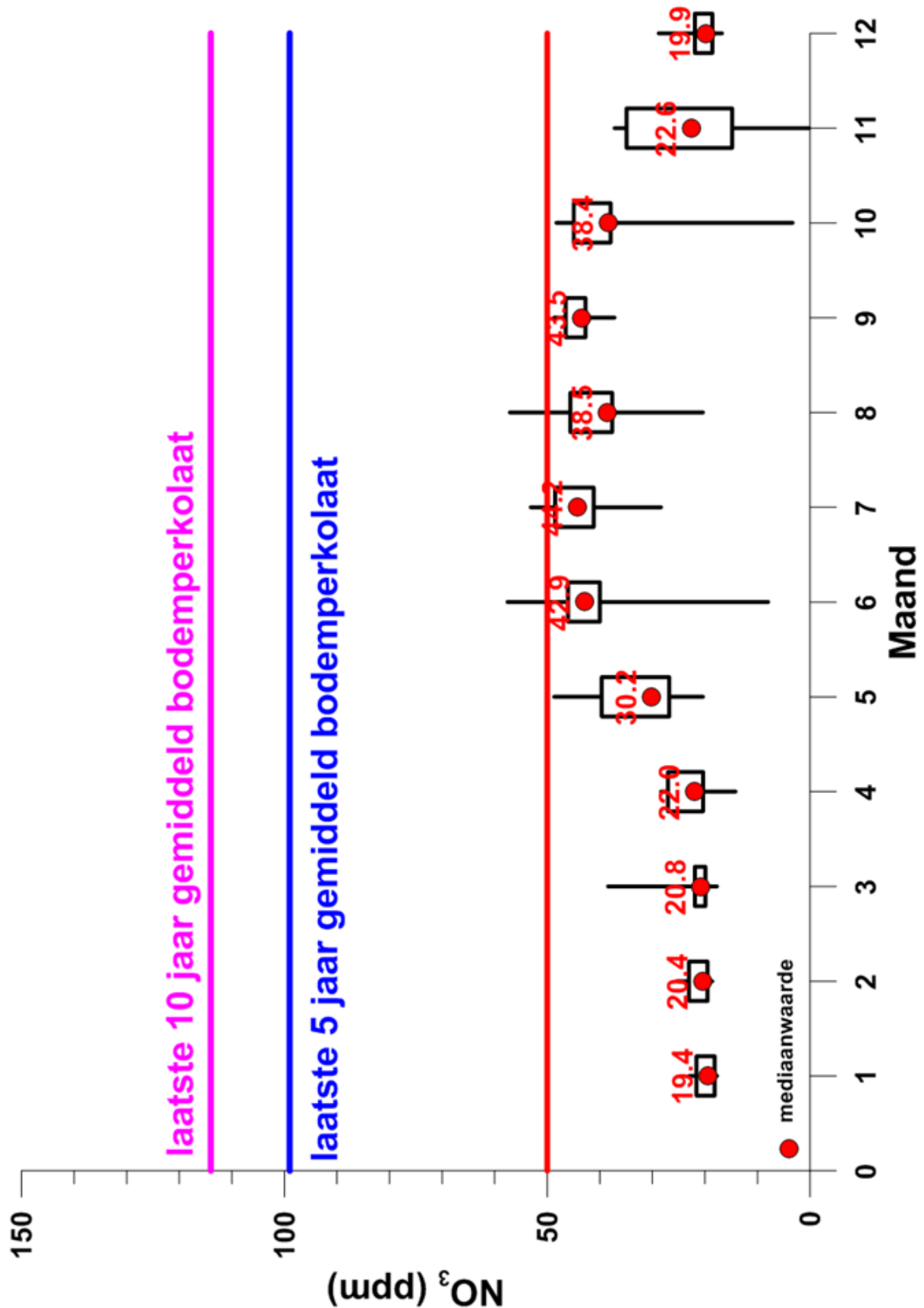




**Fig 2.8 Gemiddelde seizoenale fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Asse**



**Fig 2.9 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Asse**



## 3 Veldwerk

### 3.1 Installatie peilbuizen

Na een veldverkenning op 13 juni 2018 werden 5 locaties geselecteerd en peilbuizen geplaatst (fig 3.1) . Daarvan bevinden er zich 2 (PB1 en PB2) vlak naast de beek, dicht bij het MAP meetpunt, op de plaats waar er bronniveaus aanwezig zijn. De overige 3 peilbuizen liggen langsheen een wandelweg die parallel met de beek loopt op ca 50 m afstand. Aan de andere (noord) zijde van de wandelweg liggen landbouwpercelen. Deze 3 peilbuizen kunnen derhalve de mogelijke aanvoer van nitraat vanuit deze percelen opsporen.

Peilbuizen PB1 en PB2 zijn minder diep omdat deze lager gelegen zijn vlak naast de beek. PB1 bevindt zich dicht bij het MAP meetpunt. PB2 ligt dicht bij een belangrijk bronnetje dat duidelijk een significante uitvloeit heeft : het water komt gewoon naast de beek uit de grond opgeborreld. Opmerkelijk was dat bij een eerste poging om een peilbuis achter de bron te plaatsen er tot op 1 m diepte geen water in het boorgat werd aangetroffen. Dit was op niet meer dan 40 cm afstand van de bron. Op een tweede plaats net naast de bron werd wel ondiep water gevonden. Deze bizarre vaststelling wijst er op dat de watertoevoer naar de bronnetjes toe, die lateraal langs de beek zitten en waarvan het bronwater dan over land gewoon in de beek instroomt, niet via diffuse toestroom maar langs preferentiële stroombanen gebeurt. De waterinstroom in de beek is vooral afkomstig van die bronnetje maar de ondergrondse aanvoer routes naar de bronnetjes zelf zijn quasi onmogelijk te vinden vanop het maaiveld. Die preferentiële pathways zijn wellicht uitgespoelde stroombanen, ontstaan in het losgepakt Lediaanzand, langs waar grote hoeveelheden water makkelijk en mogelijk ook snel kunnen getransporteerd worden. De kans dat een peilbuis net in zo'n snelle stroombaan aansnijdt is klein, zelfs als ze dicht bij de bronnen geplaatst worden.

De peilbuizen PB3, PB4 en PB5 bevinden zich verder van de beek. Daardoor staat het grondwater er dieper en dienden de boringen ook dieper uitgevoerd te worden. Deze peilbuizen zijn meer dan 4 m diep.

Tijdens het boren werd ook vastgesteld dat de quartaire deklaag volledig geoxideerd is (fig 3.2). De boringen werden uitgevoerd na een zeer droge periode voorjaar 2018 toen het grondwater al diep stond.

De Lambert coördinaten en diepte van de 5 peilbuizen staan in tabel 3.1. De peilbuizen zijn onderaan afgewerkt met een filterelement van 1 m. De georeferencing gebeurde met een Garmin Etrex 20 GPS. Er zit daardoor mogelijk een fout van enkele meter op de positiebepaling.

**Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Asse**

Peilbuis	Lambert-X	Lambert-Y	Diepte(m)
PB1	140160	177936	1.70
PB2	140109	177945	1.44
PB3	139874	177918	4.45
PB4	139782	177859	4.00
PB5	138638	177776	4.67

### 3.2 Grondwateranalysen

Na plaatsing werden in juni 2018 watermonsters genomen tijdens een eerste meetronde. De peilbuizen werden een tweede maal bemonsterd in oktober 2018. De belangrijkste chemische parameters staan opgelijst in tabellen 3.2 en 3.3. De volledige resultaten in tabel 3.4.

De belangrijkste conclusies zijn :

De ijzergehalten zijn steeds laag (< 1 mg/l): alle grondwaters in de peilbuizen zijn dus geoxideerd water.

- In alle monsters wordt nitraat gevonden, maar nooit boven de 50 mg/l. De gehalten zijn wel variabel : van minder dan 2 mg/l tot bijna 50 mg/l (PB4, ronde 1).
- Bij vergelijking van het nitraatgehalte in ronde 1 en 2 toont alleen PB4 een groot verschil: de concentratie zakte van 48 mg/l naar ca 12 mg/l. In de andere 4 peilbuizen zijn de concentraties goed vergelijkbaar.
- Slechts twee peilbuizen hebben meer dan enkele mg/l: in PB2 naast het bronnetje wordt 27 mg/l, duidelijk verhoogd maar wel onder de 50 mg/l, en de meer stroomopwaarts gelegen PB4 heeft bijna 50 mg/l.
- De ijzergehalten zijn steeds laag (< 1 mg/l, fig 3.3 ): alle grondwaters in de peilbuizen zijn dus geoxideerd water.
- De bicarbonaatgehalten zijn hoog (350 – 500 mg/l). Een crossplot van het bicarbonaatgehalte versus het nitraatgehalte toont dat de waters met het laagste nitraatgehalte hogere maar ook meer variabele bicarbonaatgehalten hebben. Dit kan op nitraatreductie door organisch materiaal wijzen.
- Anderzijds lijken de bicarbonaatgehalten wel conform de calciumgehalten (fig 3.5). De hogere bicarbonaatgehalten zijn dus ten minste deels te wijten aan kalkoplossing. Misschien dat een verdere kalkoplossing te wijten is aan langere reiswegen van het grondwater.
- De monsters van PB3 en PB4 hebben merkelijk lagere Cl gehalten (< 20 mg/l) dan de overige peilbuizen (30 – 40 mg/l). Het water van PB1, PB2 en PB5 kan wijzen op een bijmenging van water door afzettingen van mariene oorsprong: het Lediaanzand voor PB1 en PB2 en de zanden van de Formatie van St Huibrechts Herne voor PB5. Het Cl arme water van PB3 en PB4 is dan water dat enkel door de quartaire bedekking is gepasseerd zonder verdere bijmenging van tertiair water.

**Tabel 3.2 Opgemeten nitraat-, ijzer- en bicarbonaatgehalten tijdens de eerste meetronde in testsite Asse**

peilbuis	Nitraat (mg/l)	Totaal ijzer (mg/l)	Chloride (mg/l)	Bicarbonaat (mg/l)
PB1	2.06	0.113	38.64	527.0
PB2	27.21	0.133	30.10	373.3
PB3	6.63	0.074	8.27	474.0
PB4	48.18	0.027	16.78	290.4
PB5	2.66	0.140	40.36	355.6

**Tabel 3.2 Opgemeten nitraat-, ijzer- en bicarbonaatgehalten tijdens de tweede meetronde in testsite Asse**

peilbuis	Nitraat (mg/l)	IJzer (mg/l)	chloride (mg/l)	Bicarbonaat (mg/l)
PB1	1.55	0.044	34.56	477.0
PB2	25.24	0.063	22.43	397.1
PB3	10.55	0.027	5.03	521.6
PB4	11.89	0.046	12.99	372.1
PB5	1.45	0.028	38.88	384.9

*Peilbuizen VMM meetnet*

In de omgeving van de testsite liggen ook 2 meetpunten van het VMM freatisch meetnet. Deze geven een beeld van de waterkwaliteit in de diepere lagen.

*Peilbuis 113/73/1*

Deze peilbuis zit op de heuvel ten noorden van het MAP meetpunt, maar ook nog ten noorden van de KMO zone. Deze peilbuis heeft 3 filters : op 5, 11 en 16 m diepte en in alle 3 filters worden verhoogde NO<sub>3</sub> concentratie gevonden. De bovenste filter bevindt zich nog in het quartaire dek, de andere 2 in de Lediaan aquifer. De hoogste concentraties komen voor op het niveau 11 m en liggen meestal boven de 50 mg/l. op het bovenste niveau rond de 40 mg/l en in het onderste niveau lager dan 20 mg/l. De ijzergehalten zijn steeds laag. Het is duidelijk dat zowel het quartair dek als het Lediaan hier geoxideerd zijn.

*Peilbuis 113/34/9*

Deze peilbuis zit op de heuvel ten zuiden van de testsite. Deze peilbuis heeft 2 filters : op 4.5 en 8 m diepte. Beide zitten in het quartair dek. De bovenste filter heeft hoge nitraatgehalten die regelmatig boven de 50 mg/l stijgen. De onderste filter heeft geen verhoogde nitraatgehalten, maar hier liggen de ijzergehalten iets hoger, tot ca 2 mg/l. Dit water kan dus gereduceerd zijn.

Tabel 3.3 Resultaten van de wateranalysen

peilbuis	meetronde	PH	COND	Na+(ppm)	K+(ppm)	Ca2+(ppm)	Mg2+(ppm)	Fe2+/Fe3+(ppm)
PB1	1	7.05	1151	45.1	2.54	190.4	24.8	0.113
PB2	1	6.95	935	27.08	2.44	141.55	22.3	0.133
PB3	1	7.05	844	14.84	1.08	137.65	17.5	0.074
PB4	1	7.08	742	19.02	0.98	105.2	9.5	0.027
PB5	1	7.13	913	17.54	1.26	141.1	21.2	0.14
peilbuis	meetronde	Mn2+(ppm)	NH4+(ppm)	Cl-(ppm)	SO42-(ppm)	NO3-(ppm)	NO2-(ppm)	HCO3-(ppm)
PB1	1	0.17	0.1494	38.642	160.08	2.0593	0.0088	527.04
PB2	1	0.089	0.044	30.105	138.29	27.213	0.1187	373.32
PB3	1	0.148	0.2104	8.2704	55.186	6.6336	0.0432	473.97
PB4	1	0.178	0.0447	16.782	70.927	48.18	0.3611	290.36
PB5	1	0.326	0.1021	40.362	143.28	2.6607	0.0074	355.63
peilbuis	meetronde	PH	COND	Na+(ppm)	K+(ppm)	Ca2+(ppm)	Mg2+(ppm)	Fe2+/Fe3+(ppm)
PB1	2	7.24	1128	26.56	1.497	185.55	22.6	0.044
PB2	2	7.24	947	24.28	1.96	160.7	21.75	0.063
PB3	2	7.27	913	13.6	0.733	165.3	16.15	0.027
PB4	2	7.28	744	19.64	0.56	145.6	9.6	0.046
PB5	2	7.36	921	20.52	0.851	160.9	21.25	0.028
peilbuis	meetronde	Mn2+(ppm)	NH4+(ppm)	Cl-(ppm)	SO42-(ppm)	NO3-(ppm)	NO2-(ppm)	HCO3-(ppm)
PB1	2	0.305	0.1796	34.556	129.535	1.5772	0.0053	477.02
PB2	2	0.007	0.0755	22.427	112.41	25.24	0.0134	397.11
PB3	2	0.19	0.036	5.0278	50.246	10.552	0.0089	521.55
PB4	2	0.495	0.0482	12.986	70.641	11.896	0.0085	372.1
PB5	2	0.264	0.0475	38.881	112.32	1.4479	0.0026	384.91

**Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Overijse**

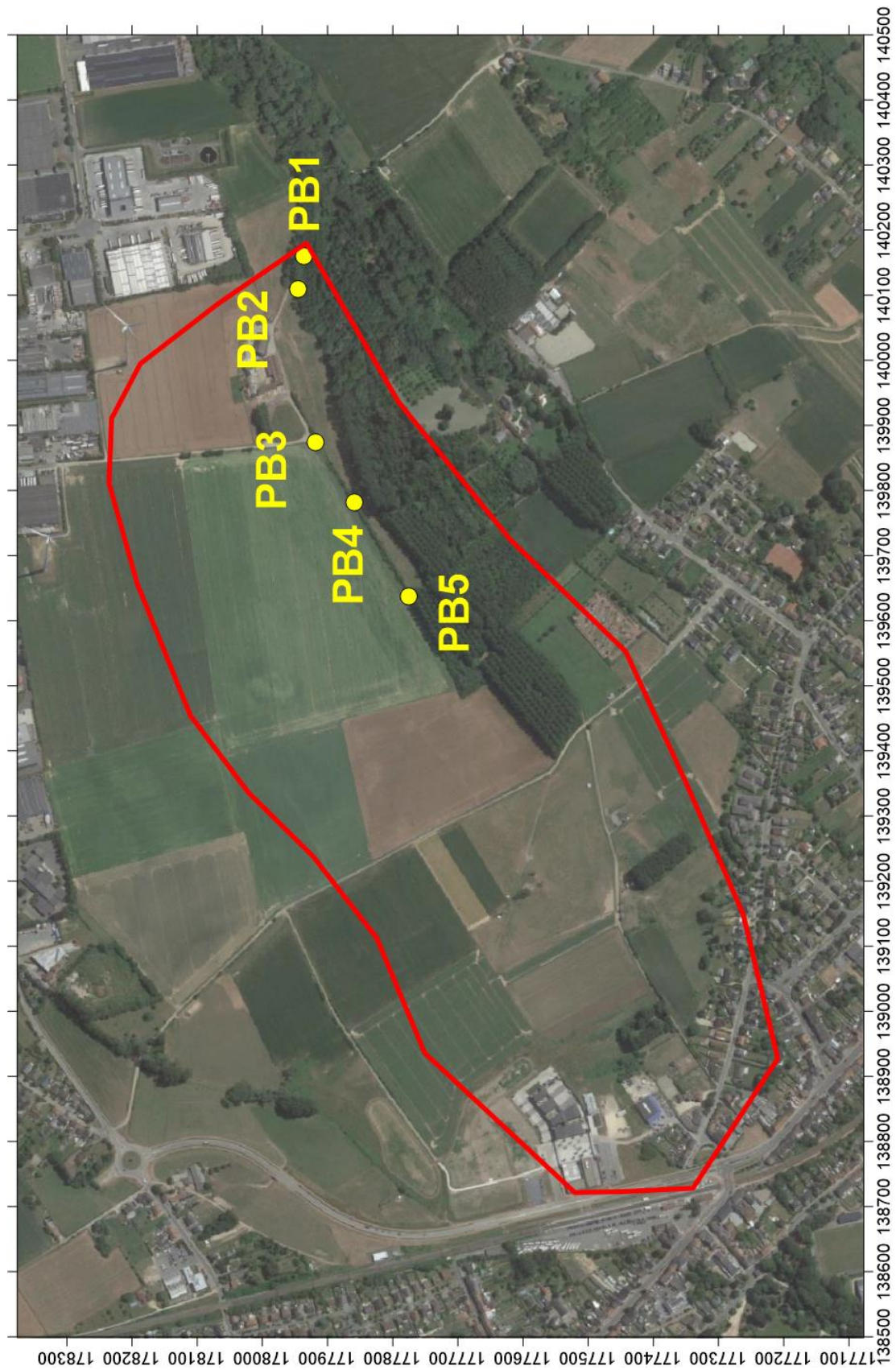


Fig 3.2 De geoxideerde quartaire deklaag



Fig 3.3 Crossplot van het ijzergehalte en het nitraatgehalte

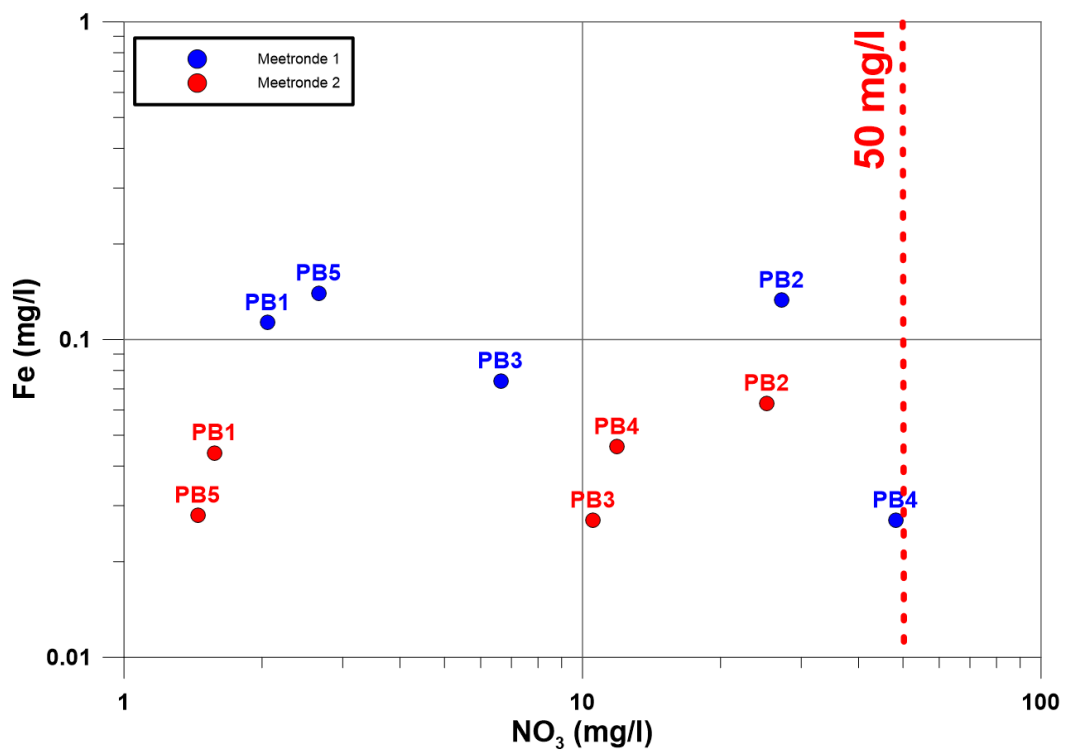




Fig 3.4 Crossplot van het bicarbonaatgehalte en het nitraatgehalte

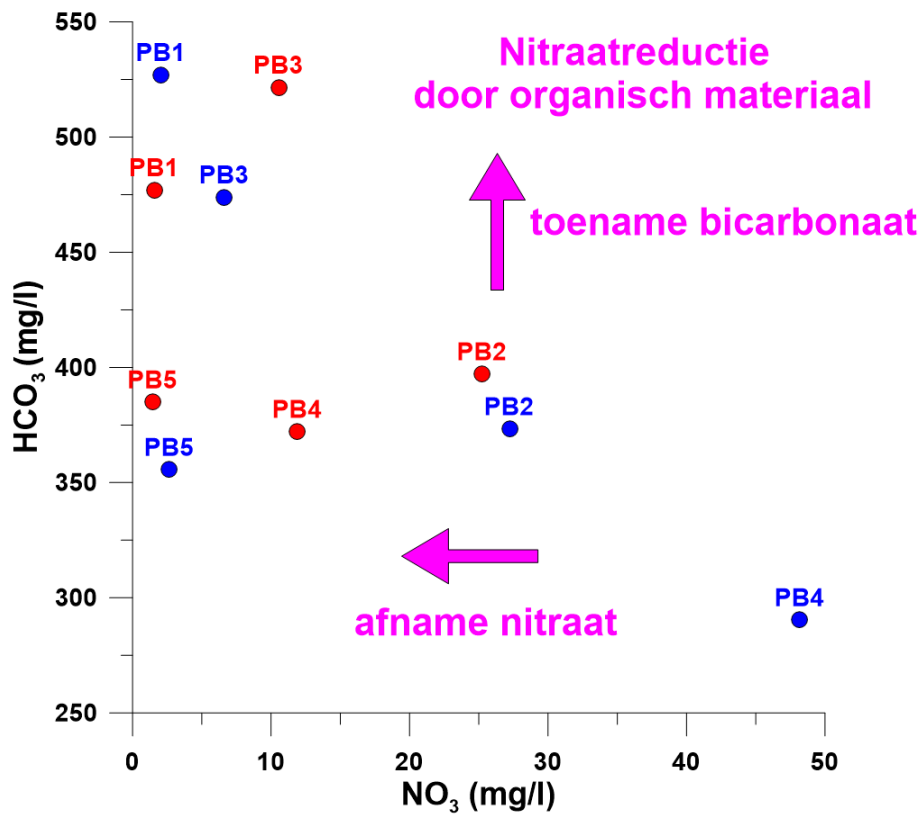
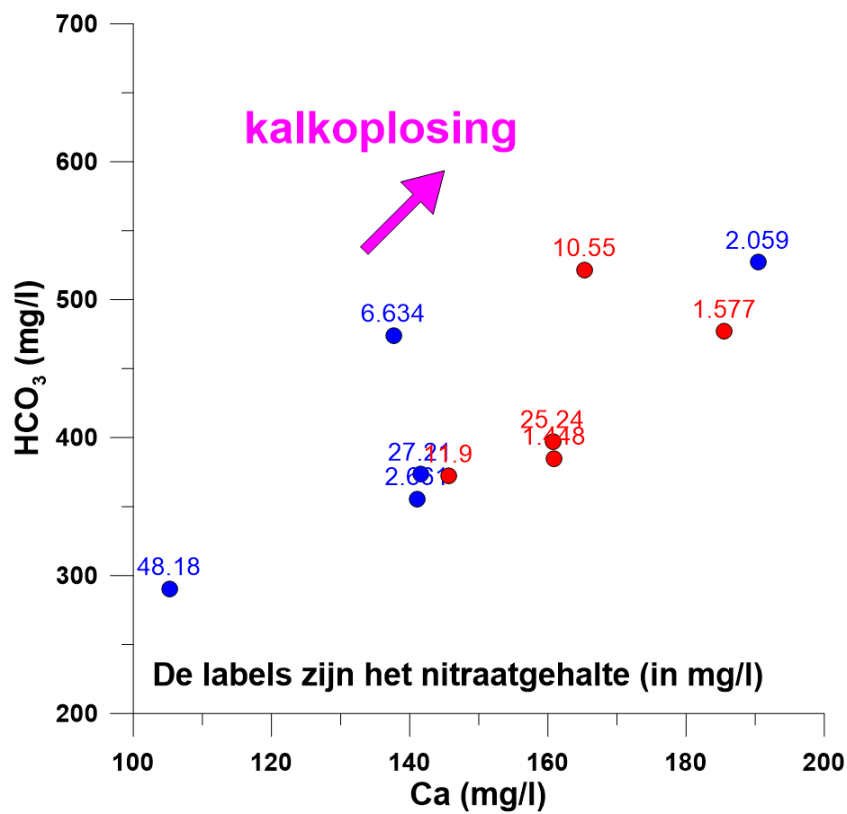


Fig 3.5 Crossplot van het bicarbonaatgehalte en het calciumgehalte



## 4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

### 4.1 Inleiding

Het natuurlijk aquatisch ecosysteem kan ernstig verstoord worden door hoge nitraatconcentraties in het oppervlaktewater. Deze hoge nitraatconcentraties kunnen veroorzaakt worden door nitraatrijk grondwater, zowel instromend uit echte bronnetjes als onder disperse vorm langsheen de beken. Door de soms lange reistijden van dit grondwater kan de oorsprong van de nitraatverontreiniging zich tot tientallen jaren terug in de tijd situeren.

In dit eerste onderdeel, dat enkel de onverzadigde zone beslaat, werden simulaties uitgevoerd over een periode van 50 jaar (1968-2017), met als doel een inschatting te maken van de historische jaarlijkse aanvoer van nitraten naar het grondwater. De simulaties van de N-dynamiek werden uitgevoerd met het EU-rotate\_N model met een ruimtelijke resolutie van 50 bij 50 meter. Het model werd over de gehele periode gevoed met gegevens over de bodem, teelt, bemesting, stikstofdepositie en weer. Op basis van dagelijkse simulatieresultaten konden de jaarlijkse water- en nitraatflux berekend worden op een diepte van 90 cm.

De gegenereerde gegevens werden uiteindelijk ingevoerd in het grondwatermodel, dat verder wordt toegelicht in het tweede onderdeel betreffende de verzadigde zone. Omwille van de ondiepe grondwatertafel in Asse werd aangenomen dat de jaarlijkse fluxen op 90 cm zonder verdere vertraging het grondwater bereikten.

### 4.2 Werkwijze

#### 4.2.1 Studiegebied

Het stroomgebied in Asse werd afgebakend op basis van de resultaten van het grondwatermodel (fig 4.1). Het afgebakende gebied is ongeveer 86 ha groot. Het stroomgebied werd ingedeeld in een grid bestaande uit 344 cellen van 50 meter bij 50 meter. Voor elk van de cellen werd een aparte simulatie uitgevoerd.

#### 4.2.2 Twee simulatieperiodes

Het EU-rotate\_N model kan maximaal 30 opeenvolgende jaren simuleren. Er werden daarom 2 rotaties van 30 jaar gesimuleerd: van 1965 t.e.m. 1994 en van 1988 t.e.m. 2017. Er is een overlap van enkele jaren aangezien het model een opwarmperiode vereist voor initialisatie van de parameters voor bodemorganische stof. Ook daarom werd maar betrouwbare output gegenereerd vanaf het jaar 1968 t.e.m. het jaar 2017.

#### 4.2.3 Toekennen van modelparameters

##### 4.2.3.1 Databanken

Het model werd gevoed met verschillende parameters (**Fig 4.2**). Elke cel binnen het stroomgebied werd gekarakteriseerd a.d.h.v. de bodembedekking, de bodemtextuur en het bodemorganische stofgehalte. Hiervoor werden gegevens geëxtraheerd uit

respectievelijk de bodembedekkingskaart (opname 2012, uitgegeven door AGIV op 4 februari 2016), de bodemkaart (versie 2.0, uitgegeven door DOV op 20 juni 2016 en de kaart 'Soil Organic Carbon Stock Maps for Belgium' (opname 2017, uitgegeven door DOV op 15 januari 2018). Vervolgens werden aan de gridcellen op jaarlijkse basis teelten, nateelten, bemestingsvormen en bemestingshoeveelheden toegewezen, waarbij gebruik gemaakt werd van recente gegevens die ter beschikking werden gesteld door de VLM en oudere gegevens van Statbel. De gemiddelde stikstofdepositie werd berekend op basis van cijfers van de VMM en toegepast over het hele stroomgebied. Het KMI verschaftte specifiek voor de regio Asse dagelijkse weersgegevens voor de periode 1965-2017.

#### 4.2.3.2 Bodembedekking

Bodembedekkingsklassen werden samengenomen en herleid tot 7 klassen (**Tabel 4.1**). Op basis van de bodembedekking werd eveneens bepaald welk type rotatie per gridcel werd uitgevoerd. Het grid werd over de bodembedekkingskaart gelegd en elke gridcel kreeg de bodembedekking toegewezen die de grootste oppervlakte van de cel innam.

Het stroomgebied Asse bestaat voor 51% uit akkerland en 18% weiland (fig 4.3). Er is ook een relatief groot aandeel bos (14%) en tuinen en parken (10%). Slechts 1% wordt ingenomen door braakliggende gronden en 6% door infrastructuur.

**Tabel 4.1: Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype**

Bodembedekking BBK	Bodembedekking na herleiding (grid)	Type rotatie
Akker	akkerland	jaarlijkse teelt + nateelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting
Bomen Bomen (WBN) Bomen (WTZ)	bos	meerjarige teelt zonder bemesting waarbij waarden voor percolatie en uitspoeling worden nagestreefd voor bos zoals uit de literatuur
Overig Onafgedekt	braak	geen teelt, geen bemesting
Gebouwen Autowegen Spoorwegen Overig Afdgedekt	infrastructuur	simulatie zonder percolatie en uitspoeling
Gras, Struiken Gras, Struiken (WBN) Gras, Struiken (WBZ)	tuin+park	meerjarige grasteelt met beperkte jaarlijkse minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar
Water	water	simulatie zonder percolatie en uitspoeling
Gras, Struiken (Lbgebrperc)	weiland	blijvend grasland = meerjarige grasteelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar

#### 4.2.3.3 Bodemorganische stof

Het bodemorganisch koolstofgehalte werd eveneens volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. De kaart vertoont echter plekken waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Gridcellen die daarmee overlappen kregen waarden toegewezen die m.b.v. interpolatie berekend werden, waardoor weliswaar ook cellen met infrastructuur als bodembedekking een waarde toegewezen kregen. Het bodemorganisch koolstofgehalte werd nadien omwille van de modelinput omgezet in het bodemorganische stofgehalte door dit te vermenigvuldigen met een factor 2. Het aandeel koolstof in de bodemorganische stof werd in het model dan ook gepreciseerd als 50%. Het bodemorganische stofgehalte in Asse is in grote mate bepaald door de bodembedekking (fig 4.3 en fig 4.4): op akkerland ligt dit meestal tussen 1 en 2%, op weiland en tuinen en parken tussen 2 en 4% en onder bos tussen 2 en 5%.

#### 4.2.3.4 Bodemtextuur

Ook de bodemtextuur werd volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. Het stroomgebied Asse bestaat grotendeels uit leembodems, aangevuld met een beperkt aandeel antropogene bodems (fig 4.5). Aan antropogene bodems wordt in de simulaties een zandige bodemtextuur toegewezen, omwille van het frequent voorkomen van grovere bestanddelen.

Voor elke bodemtextuurklasse werden waarden toegekend aan de verschillende parameters die nodig zijn als modelinput (**Tabel 4.2**). Per textuurklasse werden gemiddelde zand, klei- en leemfracties gebruikt. De pH-H<sub>2</sub>O werd eerder neutraal ingeschat, aangezien verondersteld wordt dat landbouwers hun percelen regelmatig bekalken. Hoe dan ook heeft de waarde van de pH in de eerder neutrale zone slechts een beperkte invloed op de nitraatuitspoeling. Voor de bulkdensiteit werden de waarden overgenomen die gehanteerd worden in het Compendium voor bemonsterings- en analysemethodes, zij het dat voor de toplaag aan alle textuurklassen een waarde van 1450 kg m<sup>-3</sup> werd toegekend. Tot slot werden ook de bodemvochtparameters ingeschat (**Tabel 4.3**) op basis van de door Weynants aangepaste pedotransferfuncties van Vereecken (Weynants, 2009).

**Tabel 4.2: Bodemparameters per textuurklasse**

Textuurklasse	zand	leem	klei	pH-H <sub>2</sub> O	bulkdensiteit (kg/m <sup>3</sup> )		
	m%	m%	m%		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Zand (Z)	91	5	4	6.5	1450	1500	1500
Lemig zand (S)	75	16	9	6.5	1450	1500	1500
Licht zandleem (P)	59	35	6	6.5	1450	1500	1500
Zandleem (L)	33	58	10	6.5	1450	1500	1500
Leem (A)	8	79	13	6.5	1450	1500	1500
Klei (E)	41	27	32	7.5	1450	1500	1500
Zware klei (U)	33	8	60	7.5	1450	1500	1500

**Tabel 4.3: Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)**

Textuurklasse	0-30 cm					30-90 cm			
	REW mm	VC vol%	VP vol%	SAT vol%	PBW vol%	VC vol%	VP vol%	SAT vol%	PBW vol%
Zand (Z)	6.849	0.171	0.050	0.404	0.121	0.167	0.049	0.396	0.118
Lemig zand (S)	7.922	0.223	0.085	0.410	0.138	0.219	0.083	0.402	0.136
Licht zandleem (P)	8.168	0.234	0.091	0.407	0.143	0.229	0.089	0.399	0.140
Zandleem (L)	8.949	0.272	0.118	0.412	0.154	0.267	0.115	0.404	0.152
Leem (A)	9.480	0.292	0.123	0.416	0.169	0.286	0.121	0.408	0.165
Klei (E)	9.814	0.347	0.213	0.440	0.134	0.341	0.209	0.432	0.132
Zware klei (U)	10.492	0.431	0.336	0.477	0.095	0.423	0.330	0.469	0.093

#### 4.2.3.5 Teelten en nateelten

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' werd jaarlijks een teelt en nateelt bepaald. De werkwijze hiervoor is afhankelijk van de simulatieperiode.

##### Simulatieperiode 1988-2017

Voor de periode 1998-2017 werd het grid over de teeltkaarten gelegd en werd volgens het principe van de grootste oppervlakte aan elke gridcel jaarlijks een teelt toegewezen. Op dezelfde wijze werd jaarlijks een nateelt (inclusief vanggewassen) aan het grid toegewezen.

De teeltgegevens die gekend zijn voor de periode 1998-2017 tonen aan dat gras, wintergranen, aardappel, maïs, suikerbiet en witloof de meest voorkomende teelten zijn op landbouwpercelen (**Fig 4.6**). Alle door het model gekende teelten in Asse werden gesimuleerd, waarbij sommige teelten vervangen werden door vergelijkbare teelten (bv. pompoen door courgette en zomertarwe door zomergerst). Enkel voor 'niet-gekende' en 'andere' teelten werd een éénjarige braak zonder bemesting gesimuleerd. Er is in dat geval geen simulatie van de opname, noch van de transpiratie, maar wel van de uitspoeling van minerale N vrijgesteld uit bodemorganische stof en oogstresten van de teelt van het voorbije jaar. Voor Asse gaat dit om gemiddeld 3% van het landbouwareaal.

De precisie van de door de VLM verzamelde teeltgegevens neemt weliswaar toe in de tijd. Zo werd tijdens de eerste 11 jaren (1997-2007) nog geen opsplitsing gemaakt tussen verschillende soorten groenten. Voor gridcellen met de waarde 'groenten' in die periode werd daarom willekeurig een groenteteelt toegekend die in de periode nadien (2008-2017) op hetzelfde perceel geregistreerd werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die groenteteelt. Indien in de periode 2008-2017 geen groente werd geteeld op het perceel, werd willekeurig een teelt gekozen uit de lijst van de in het stroomgebied geregistreerde groenten.

Ook de nateelten en met name de groenbemesters zijn niet altijd precies omschreven. Indien er 'groenbemester' staat wordt er willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters.

Voor de periode 1988-1996 zijn er op perceelsniveau geen gegevens beschikbaar over de teelten en de nateelten en voor 1997 is deze informatie in Asse slechts voor een deel van de percelen beschikbaar. Er werd daarom willekeurig een teelt toegekend die in de periode nadien (1998-2017) op hetzelfde perceel geteeld werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die teelt. Voor de nateelt werd ervan uitgegaan dat voor ingang van het Mestdecreet (dus tot en met 1990) enkel groenbemesters werden geteeld na granen, en dit op 10% van de percelen met granen. Er werd willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters. Voor de jaren 1991-1996 werd dit percentage voor percelen met granen verhoogd naar 50% en werd er bovendien op 25% van de percelen met snijmaïs een nateelt gras gesimuleerd. Daarnaast werd in de hele periode 1965-1996 een tweede teelt groenten gesimuleerd op 50% van de percelen met een mogelijke eerste teelt groenten.

#### Simulatieperiode 1965-1994

Voor deze periode zijn geen gegevens beschikbaar op perceelsniveau. Voor de recentere jaren 1980-1994 zijn cijfers beschikbaar over de indeling van het landbouwareaal per gemeente (Statbel). De verschillende teelten werden op jaarlijkse basis overeenkomstig hun aandeel voor de gemeente Asse willekeurig verdeeld over de gridcellen met bodembedekking 'akkerland'. Voor de teeltcategorie 'groenten' werd willekeurig een groente toegewezen uit een lijst van groenten.

Voor de oudere jaren 1965-1979 zijn geen gegevens beschikbaar op gemeenteniveau, maar wel op niveau van de landbouwstroken (Statbel). Voor Asse werden cijfers voor de Zandleemstreek aangewend. Hierbij werd uitgegaan van de laatst gekende teeltverdeling op gemeenteniveau (jaar 1980) en werd het aandeel van elke teelt terug in de tijd gewijzigd overeenkomstig de evolutie in de Zandleemstreek (met interpolatie per 5 jaar). De verdeling van de teelten over de gridcellen gebeurde opnieuw willekeurig.

#### **4.2.3.6 Dierlijke bemesting**

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd jaarlijks de toediening van dierlijke mest gesimuleerd. Er werd in de meeste gevallen jaarlijks één dosis dierlijke mest toegediend. Enkel voor percelen waarop twee groenteteelten na elkaar worden gesimuleerd, werd de bemesting opgedeeld in twee dosissen, één voorafgaand aan elke teelt. Op groenbemesters werd geen bemesting gesimuleerd. De gevolgde werkwijze voor het berekenen van de dierlijke bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal.

#### Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. Daarbij werd uitgegaan van een maximale invulling van de dierlijke bemestingsnorm, waarbij rekening werd gehouden met de bemestingsnormen voor zowel stikstof als fosfor.

Voor de simulatie van de dierlijke bemesting werd eveneens de mestsoort bepaald, waarbij een keuze gemaakt wordt tussen rundermengmest, varkensmengmest, vaste paardenmest en vaste kippenmest. Aan alle percelen van een landbouwbedrijf werd de mestsoort toegewezen die op het bedrijf het grootste aandeel in de totale productie aan dierlijke N innam. Deze cijfers zijn beschikbaar voor de periode 2007-2017 (VLM). In het stroomgebied Asse komen voornamelijk runderen en paarden voor (fig 4.7). Merk op dat door interpolatie aan alle cellen een mestsoort werd toegewezen, maar dat enkel op akkerland en weiland dierlijke bemesting wordt gesimuleerd.

### Periode 1965-1995

Voor de jaren voorafgaand aan de ingang van het Mestdecreet (1991) en ook tijdens de eerste fase van het mestactieplan (MAP1, 1991-1995) werd aangenomen dat de geproduceerde dierlijke mest volledig afgezet werd op eigen grond of gronden in de onmiddellijke omgeving van het bedrijf. De jaarlijkse gemiddelde dosis dierlijke N werd dan ook berekend overeenkomstig de berekende uitscheiding op basis van de dieren aantallen, waarbij gebruik gemaakt werd van de oudste richtwaarden voor de mestproductie en mestsamenvatting (VLM). Cijfers over dieren aantallen zijn beschikbaar op gemeentelijk niveau voor de jaren 1980-1995 en op niveau van de landbouwstroken voor de jaren 1965-1980 (Statbel). Er werd, net als voor de teelten, uitgegaan van de laatst gekende dieren aantallen op gemeentelijk niveau (jaar 1980), die vervolgens terug in de tijd gewijzigd werden overeenkomstig de evolutie in de Zandleemstreek (**Fig 4.8**).

Voor de bepaling van de mestsoort werd vertrokken vanuit de oudste gekende situatie (2007) en werd de mestsoort behouden of veranderd volgens probabiliteiten overeenstemmend met jaarlijkse regionale veranderingen in het aandeel van de verschillende mestsoorten (**Fig 4.8**).

Aangezien ook voor ingang van het mestdecreet al rekening gehouden werd met de stikstofvraag van het gewas, werd de gemiddelde bemestingsdosis per teelt vermenigvuldigd met een factor. Deze teeltfactor werd bepaald door simulaties uit te voeren over een periode van 10 jaar en de gesimuleerde maximale stikstofopname van elke teelt te delen door de gemiddelde maximale stikstofopname van alle teelten. De teeltfactor werd jaarlijks herschaald door de voorwaarde op te leggen dat de gewogen gemiddelde teeltfactor over het hele stroomgebied elk jaar gelijk moet zijn aan 1. Op die manier werd verzekerd dat de bemestingsdruk in het stroomgebied werd gerespecteerd.

### Periode 1996-2006

Voor deze overgangperiode werd aangenomen dat de norm nog steeds overschreden werd, zij het in steeds mindere mate. Daarom werd jaar na jaar het verschil berekend tussen enerzijds de dierlijke N berekend uit de gemeentelijke dieren aantallen en anderzijds de bemestingsnorm. Dit verschil werd vermenigvuldigd met een met de tijd groter wordende afnamefactor en opgeteld bij de bemestingsnorm zodat er een lineaire afname (of toename) van de bemesting werd gesimuleerd, tot in 2007 de bemestingsnorm werd gerespecteerd.

#### 4.2.3.7 Minerale bemesting

Op gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd naast een dierlijke bemesting ook jaarlijks de toediening van een dosis kunstmest gesimuleerd, onder de vorm van ammoniumnitraat. Net als voor de dierlijke mest werd deze eenmalig toegediend, maar werd die opgedeeld in twee dosissen wanneer twee groenteteelten na elkaar werden gesimuleerd.

De berekening van de minerale bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal.

##### Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. De minerale N-dosis werd berekend uit het verschil van de totale N-bemestingsnorm en de berekende dierlijke N-dosis. Vanaf 2015 werd het systeem van de werkzame N gehanteerd.

##### Periode 1965-2006

Voor deze periode werd noodzakelijkerwijs gewerkt met nationale gemiddelden (Statbel en EMAV), aangezien er geen cijfers beschikbaar zijn op regionaal of gemeentelijk niveau. Tussen 1985 en 1990 ontbraken gegevens en werden de cijfers geïnterpoleerd (fig 4.9).

#### 4.2.3.8 Stikstofdepositie

Voor de N-depositie in Asse werden gegevens verkregen van het VLOPS-model van de VMM. Aangezien het model niet toelaat om jaarlijkse cijfers in te voeren, werd over de tweede simulatieperiode (1988-2017) een gemiddelde N-depositie berekend en toegepast. Deze bedroeg in Asse  $33 \text{ kg N ha}^{-1}$  per jaar. Aangezien voor de eerste simulatieperiode (1965-1994) geen cijfers over depositie beschikbaar zijn, werd aangenomen dat de N-depositie vergelijkbaar was in de eerste en de tweede simulatieperiode. Gedurende de eerste periode werd immers een stijging van de N-depositie verondersteld, terwijl in de tweede periode de depositie afnam door specifieke maatregelen.

#### 4.2.3.9 Weersgegevens

Specifiek voor Asse werden ruimtelijk geïnterpoleerde gegevens door het KMI ter beschikking gesteld voor de periode 1965-2017:

- minimale, maximale en gemiddelde dagelijkse temperatuur
- dagelijkse hoeveelheid neerslag
- dagelijkse gemiddelde windsnelheid
- dagelijkse potentiële evapotranspiratie



## 4.3 Resultaten

### 4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Asse

Zowel de nitraatuitspoeling als de waterpercolatie werd op dagelijkse basis gesimuleerd op een diepte van 90 cm en geaccumuleerd tot jaarlijkse cijfers, waarmee ook de gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water berekend werd. De ter illustratie weergegeven resultaten voor uitspoeling in fig 4.10 zijn deze voor 2013, een jaar met een eerder gemiddelde hoeveelheid aan percolerend water (179 mm) voor Asse.

Uit deze resultaten komt duidelijk het effect van de transpiratie tot uiting: op de braakliggende gronden werd een veel hogere percolatie (300-400 mm) gesimuleerd dan op begroeide percelen (150-250 mm). Voor 2013 bleek de percolatie afhankelijk van de teelt in dat jaar, maar de hoeveelheid uitgespoelde nitraatstikstof werd voornamelijk bepaald door de teelt en nateelt in 2012, omwille van de verlate uitspoeling op de leembodems in de eerste maanden van 2013. Opvallend is de hogere nitraatuitspoeling op grasland doordat op weiland in Asse de toediening van beperkte hoeveelheden fosforrijke paardenmest en bijgevolg grotere hoeveelheden minerale stikstof werden gesimuleerd. Onder bos, tuinen en parken en in mindere mate onder wintergranen werden lagere hoeveelheden nitraatuitspoeling gesimuleerd.

De jaarlijkse waterpercolatie op 90 cm over het hele stroomgebied (met inbegrip van ondoorlatende oppervlakken) fluctueert sterk en is gemiddeld 165 mm (Fig). Indien de ondoorlatende oppervlakken niet in rekening worden gebracht is dit gemiddeld 175 mm per jaar. Dit gemiddelde komt goed overeen met het langjarig gemiddelde gesimuleerd door het model Wetspass (Batelaan et al., 2006) voor leembodems in Vlaanderen (fig 4.12).

De gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie over het hele stroomgebied vertoont net als de waterpercolatie een erg grillig verloop, met waarden tussen 61 en 465 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (Fig 4.11). Er is sprake van een opwaartse trend tot eind de jaren '80, gevolgd door een gestage afname tot een concentratie van ongeveer 100 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> wordt bereikt in de meest recente jaren. Pieken in de nitraatconcentratie treden op tijdens en kort na langere drogere periodes. Tijdens drogere periodes (bv. 1971-1973) spoelt slechts een beperkte hoeveelheid nitraat uit, maar is er ook weinig verdunning. Eenmaal het terug natter wordt (bv. 1974) spoelen de tijdens de drogere periode geaccumuleerde hoeveelheden nitraat uit, waardoor de concentratie ook hoog ligt. Het grillige verloop van de nitraatconcentratie wordt bovendien geaccentueerd doordat de gemiddelde concentratie per kalenderjaar werd berekend: in een droog najaar zullen de nitraten immers pas grotendeels uitspoelen na 1 januari, waardoor er naast kalenderjaren met één periode van intense uitspoeling in het najaar ook kalenderjaren zijn zonder sterke uitspoeling en kalenderjaren met twee periodes van intense uitspoeling, in het voorjaar en in het najaar.

### 4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen

De jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie is in het stroomgebied Asse het hoogst voor akkerland en weiland, gevolgd door respectievelijk braakgronden, tuinen en parken en bos (fig 4.13). De nitraatconcentratie is sinds de volledige implementatie van de bemestingsnormen in 2007 duidelijk afgenomen maar is voor akkerland, weiland en braakgronden nog steeds groter dan  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ .

### 4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland

De gesimuleerde bemestingsdruk op akkerland vertoont een beperkte variatie in bemestingsdruk (Fig. 4.14): er is een langzame toename tot eind de jaren '80 en vervolgens een gestage afname. De nitraatconcentratie volgt dezelfde trend en vertoont een maximum van  $734 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  in 1997 en een minimum van  $82 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  in 1968.

Opvallend is de plotse toename van de bemesting met minerale N op weiland tussen 2006 en 2007 door instelling van de norm (Fig. 4.15). Voor minerale N wordt immers geen afname- of toenamefactor toegepast, maar worden de nationale gemiddelden gesimuleerd. De sprong bij de overgang is in het stroomgebied Asse erg uitgesproken omwille van het toepassen van minder dierlijke mest, die op weiland voor een belangrijk deel uit paardenmest bestaat. Het gebruik van paardenmest is beperkt door het hoge fosforgehalte. We zien daardoor ook dat de trend in de nitraatconcentratie na een daling in de jaren '90 opnieuw licht toeneemt vanaf 2007. De maximale concentratie van  $1020 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  wordt bereikt in 1974, de minimale concentratie van  $21 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  in 2002.

Het gesimuleerde nitraatresidu wordt telkens voor 15 oktober weergegeven, zowel op akkerland (Fig. 4.16) als op weiland (Fig. 4.17). De gesimuleerde nitraatconcentratie en het nitraatresidu gaan hand in hand, zij het dat de respons van de nitraatconcentratie op het nitraatresidu vaak één jaar later komt doordat de uitspoeling meestal gebeurt in het begin van het daaropvolgende kalenderjaar. Op akkerland en weiland wordt op 15 oktober een gemiddeld nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk  $137$  en  $138 \text{ kg N ha}^{-1}$  over de volledige simulatieperiode. Bij implementatie van de bemestingsnormen in 2007-2017 is dat gemiddeld nog  $74$  en  $72 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Er werd een maximaal nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk  $356$  en  $517 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Op akkerland schommelen de laagste nitraatresiduen op 15 oktober rond  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$ , terwijl de overeenkomstige gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentraties rond de  $100 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  liggen. Op weiland zijn de laagste nitraatresiduen kleiner dan  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$  en liggen de overeenkomstige concentraties onder de  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ .

### 4.3.4 Validatie nitraatresidu

De validatie van de modelresultaten werd uitgevoerd a.d.h.v. de door de VLM op jaarlijkse basis (2007-2017) in het stroomgebied gemeten nitraatresiduen tussen 1 oktober en 15 november. De gemeten nitraatresiduen werden vergeleken met de gesimuleerde waarden op 15 oktober, maar een puntsgewijze validatie was niet aan

de orde. Het EU-Rotate\_N model is gebruikt in eerdere studies waarbij telkens bleek dat indien de bodemeigenschappen van een specifiek perceel gekend en gekalibreerd zijn, de aan- en afvoer van nutriënten effectief gemeten worden en er precies geweten is welke handelingen wanneer zijn uitgevoerd op het perceel, de simulaties zeer nauw aansluiten bij metingen. In deze studie bevinden we ons echter in een totaal andere setting. De simulaties gebeuren op basis van gegevens uit databanken (textuur, bodemorganische stof), die niet op perceelniveau verzameld zijn, maar op schaal van het stroomgebied wel betrouwbaar zijn. De simulaties zijn daardoor niet altijd even accuraat op perceelniveau, maar de gemiddelde output van de verschillende simulaties is op jaarlijkse basis wel relevant voor het stroomgebied. In deze validatie wordt daarom enkel nagegaan of de nitraatresidumetingen al dan niet systematisch onderschat of overschat werden door de modelresultaten. De gemiddelde fout (= simulatie - meting) bedraagt hier 28 kg N ha<sup>-1</sup> en toont aan dat in Asse de gemeten nitraatresiduen door de simulatie overschat werden (Fig 4.18). Omwille van het beperkt aantal validatiepunten is het echter onzeker om te stellen dat de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentraties voor het volledig stroomgebied ook overschat werden. Het aantal nitraatresidumetingen is bovendien te klein om een bijkomende trendanalyse van het nitraatresidu doorheen de tijd uit te voeren.

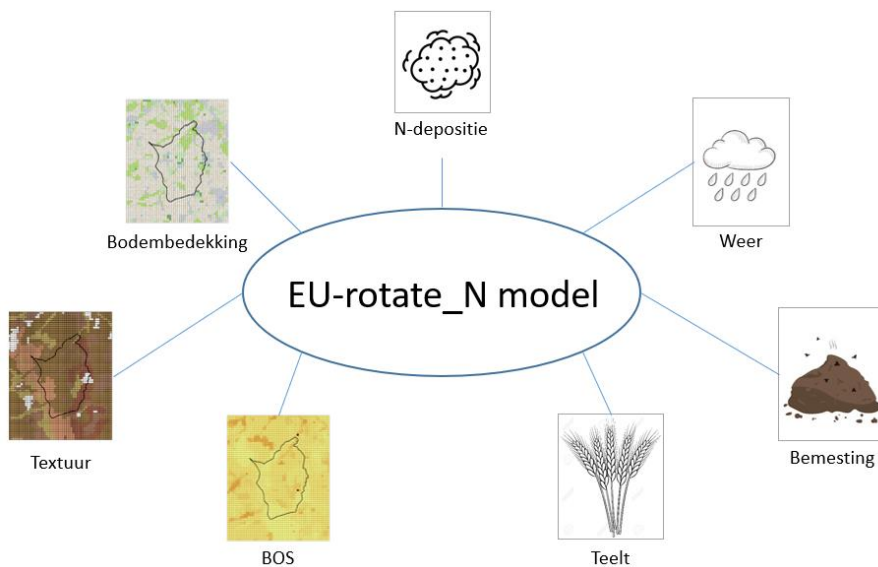
#### 4.4 Besluit

Het stroomgebied Asse bestaat grotendeels uit leembodems en wordt gekarakteriseerd door zowel landbouwgebruik (akkerbouw en veeteelt) als niet-landbouwgebruik (bossen, tuinen en parken). De historische bemestingsdruk is er minder groot dan in andere stroomgebieden. De combinatie van de lagere bemestingsdruk, het aanzienlijk aandeel bos en de bodemtextuur resulteert voor Asse voor de periode 1968-2017 in een relatief lage gesimuleerde gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 194 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> in het percolerend water op een diepte van 90 cm. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 117 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> gesimuleerd.

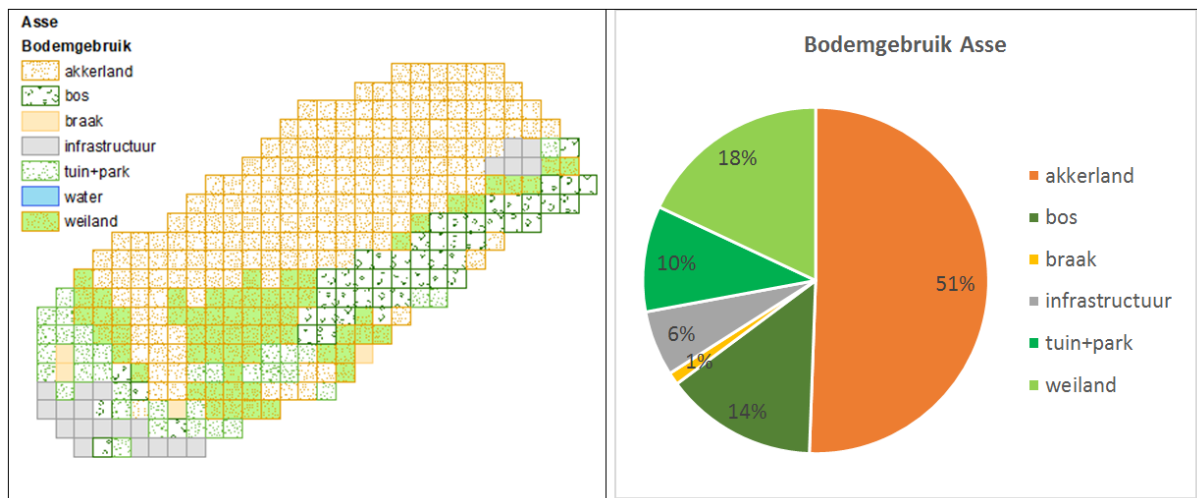
**Fig 4.1 Stroomgebied Asse**



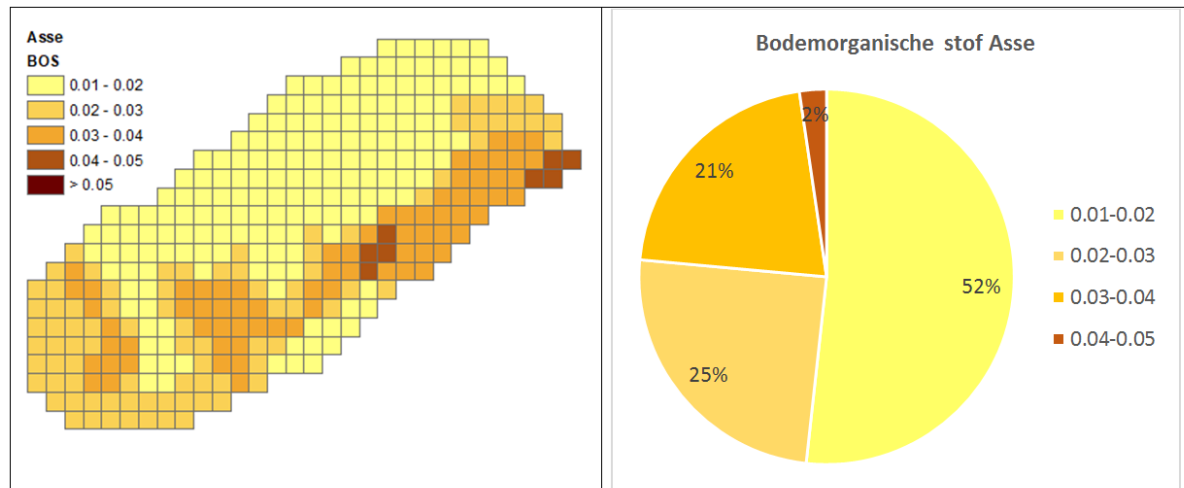
**Fig 4.2 Overzicht van de modelinvoer**



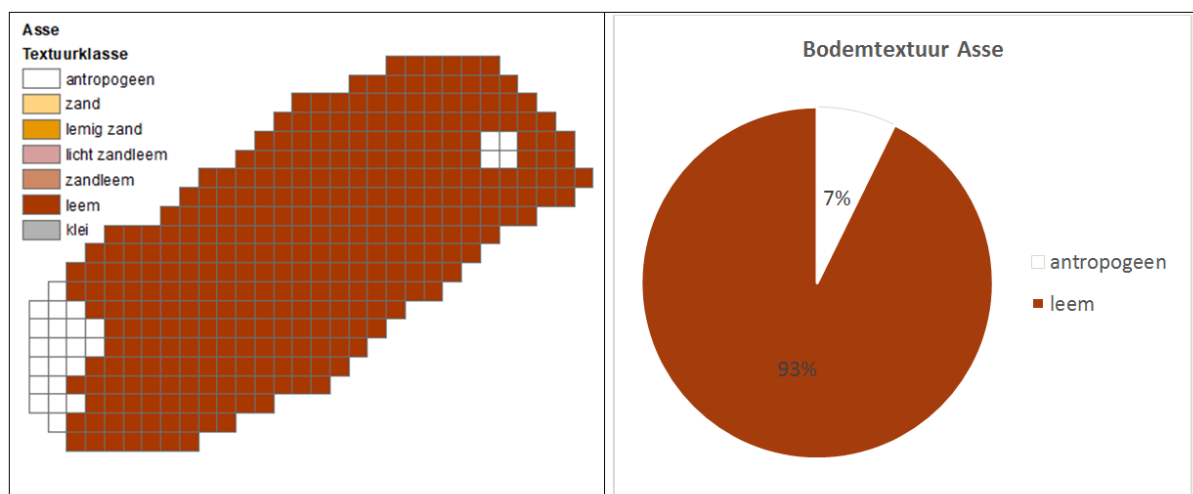
**Fig 4.3: Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Asse**



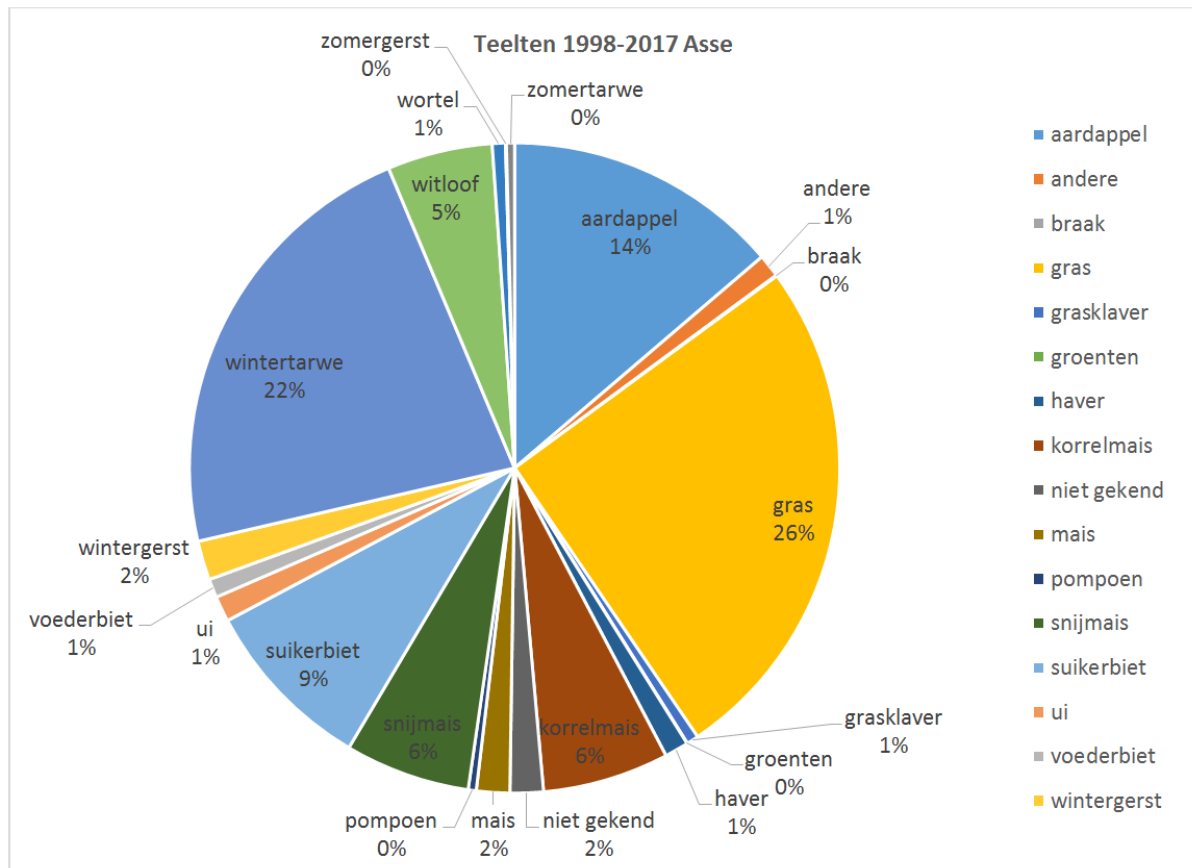
**Fig. 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g<sup>-1</sup> droge bodem) voor het stroomgebied Asse**



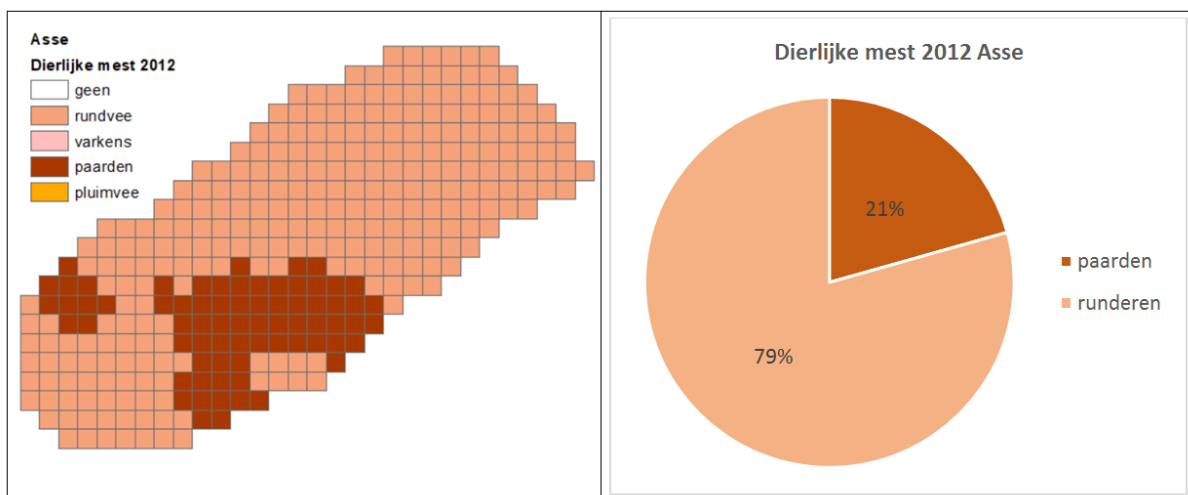
**Fig. 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Asse**



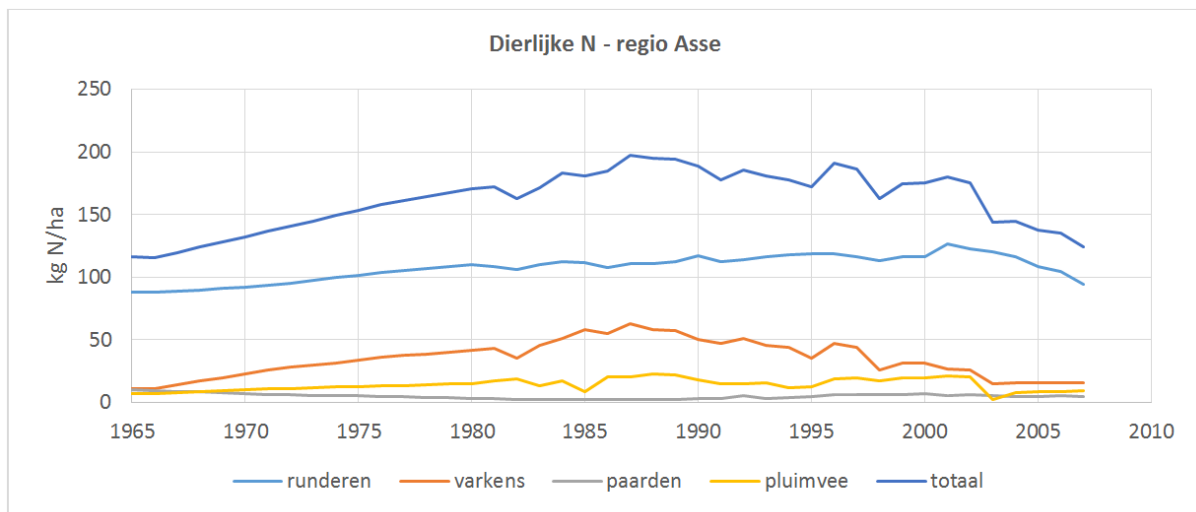
**Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Asse**



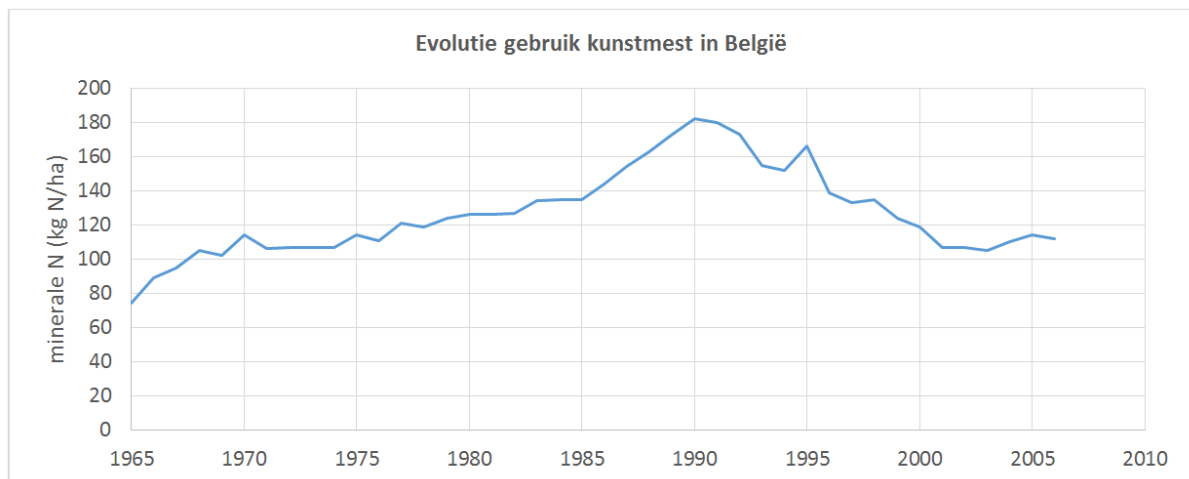
**Fig. 4.1 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Asse**



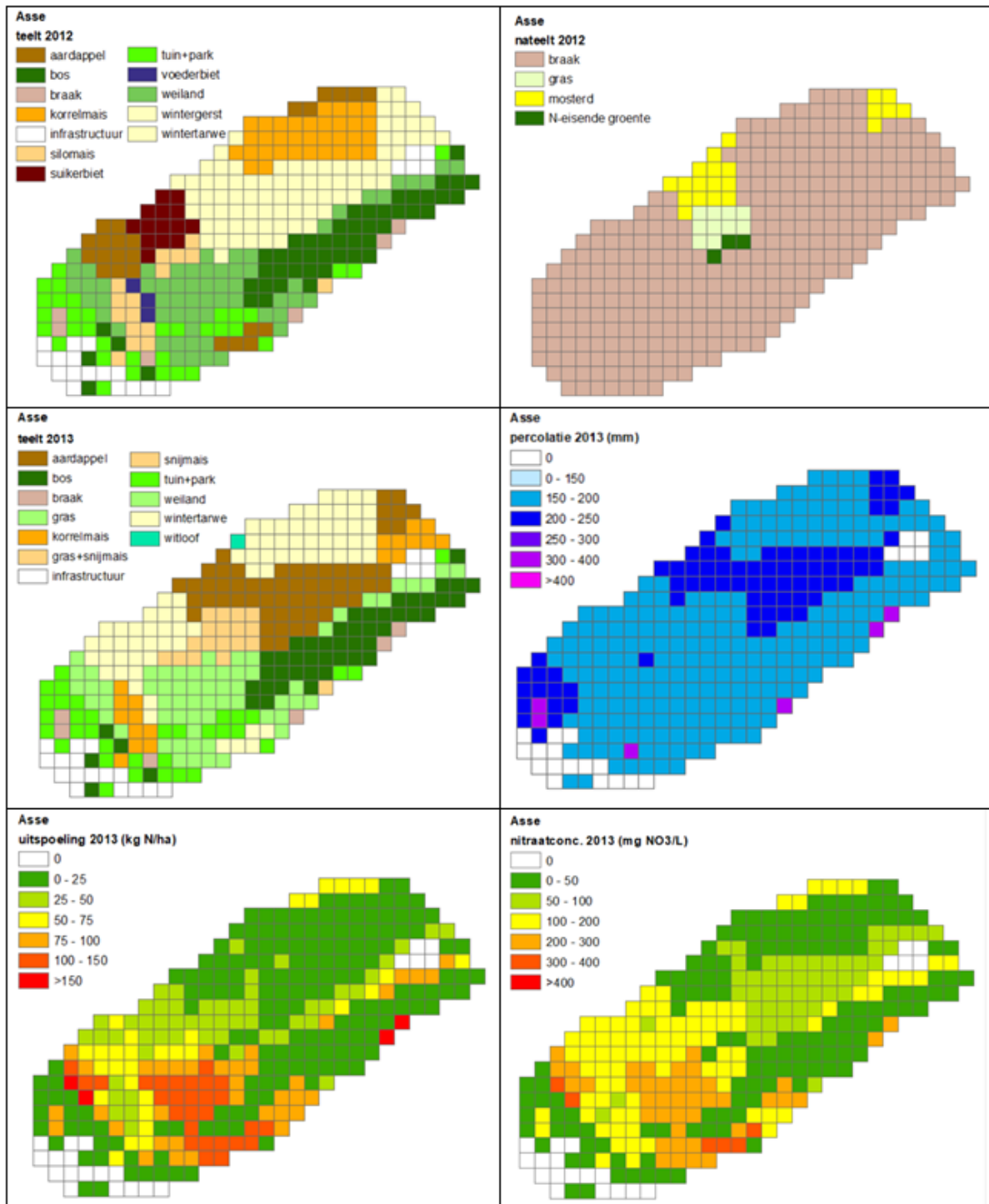
**Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Asse**



**Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België**

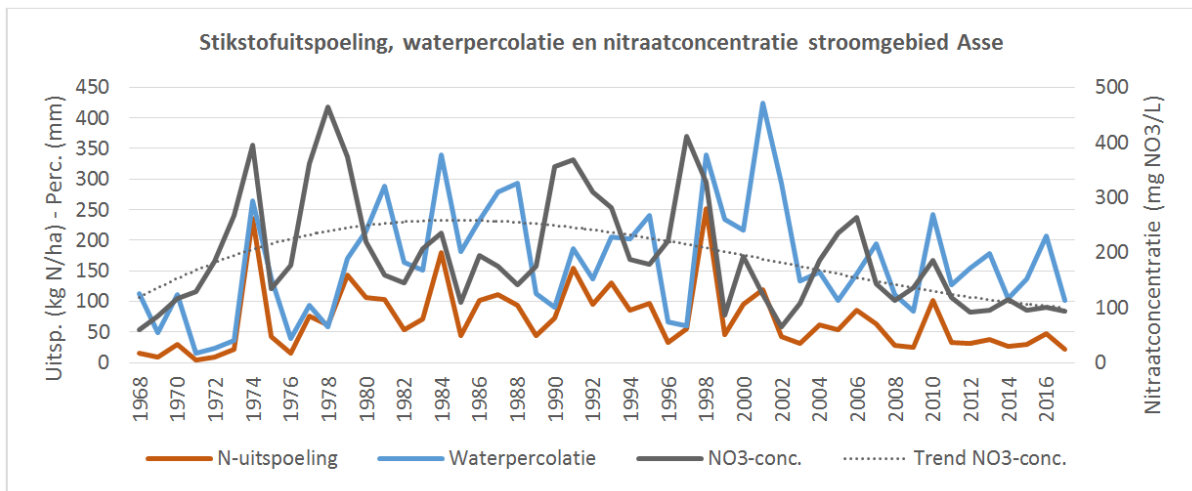


**Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt in 2012 en teelt, waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze**

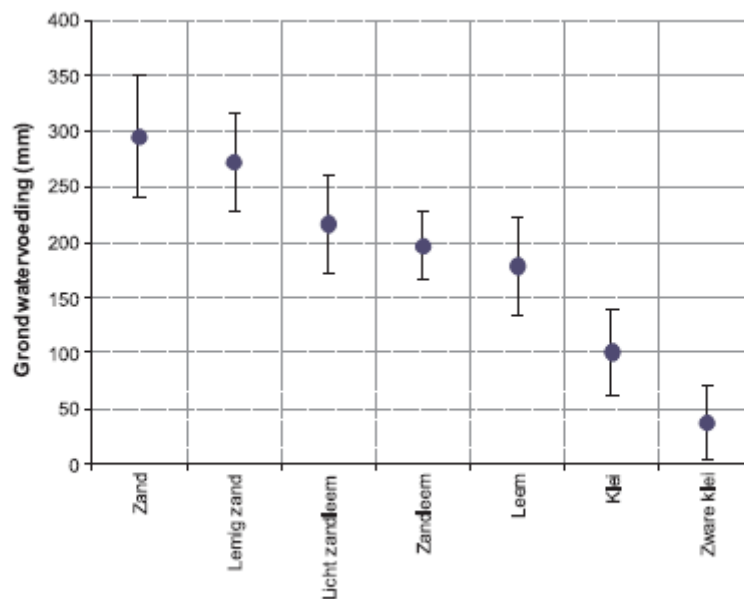




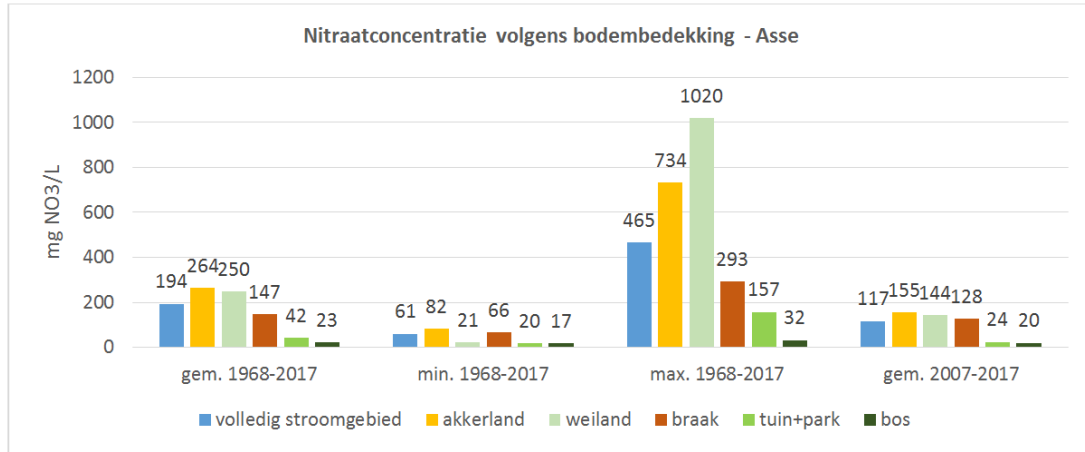
**Fig 4.11 Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied**



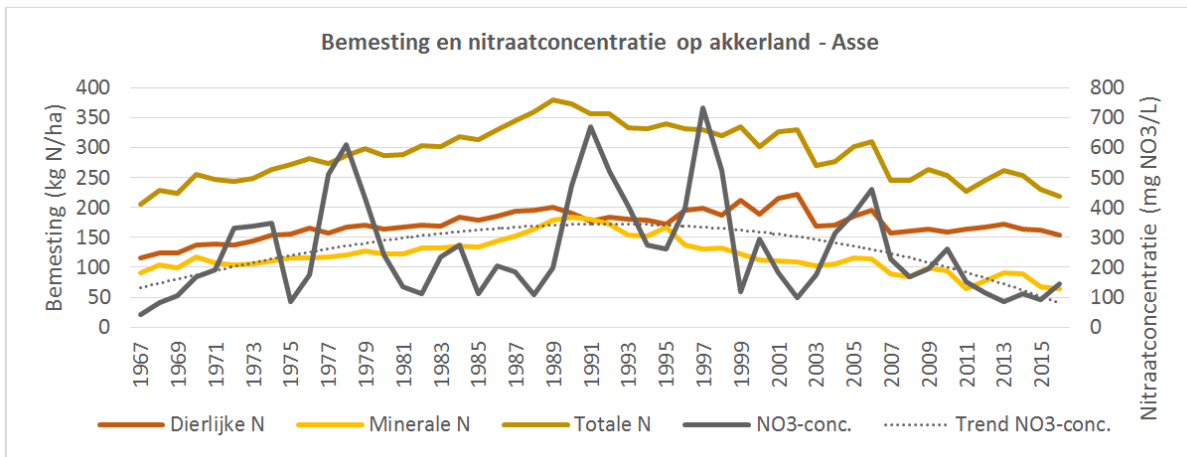
**Fig 4.12 Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer**



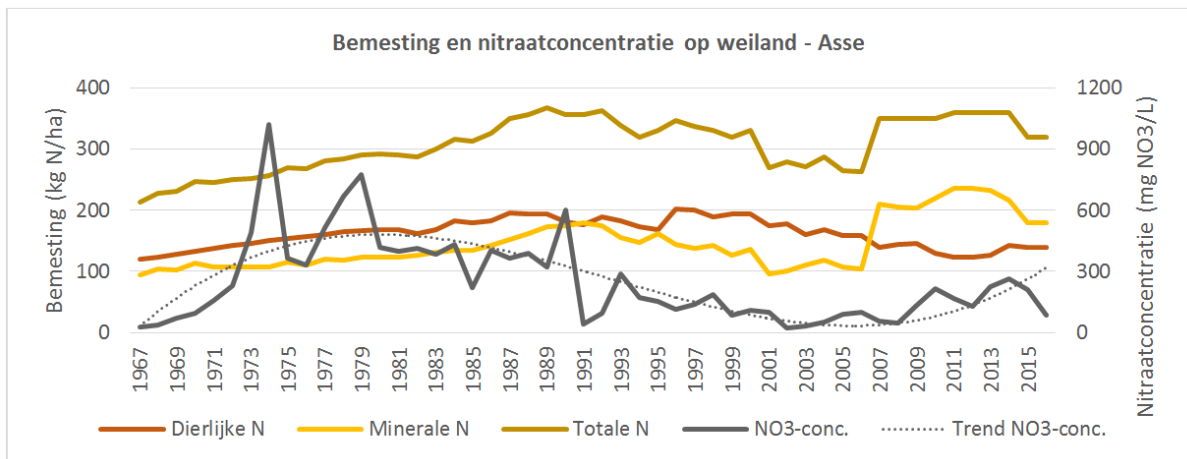
**Fig 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige simulatieperiode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017 is weergegeven**



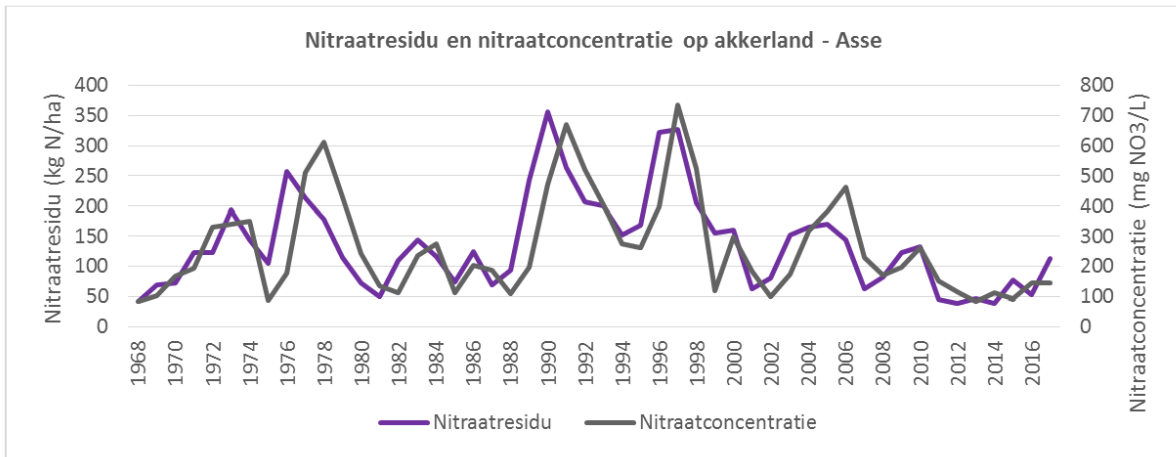
**Fig. 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland**



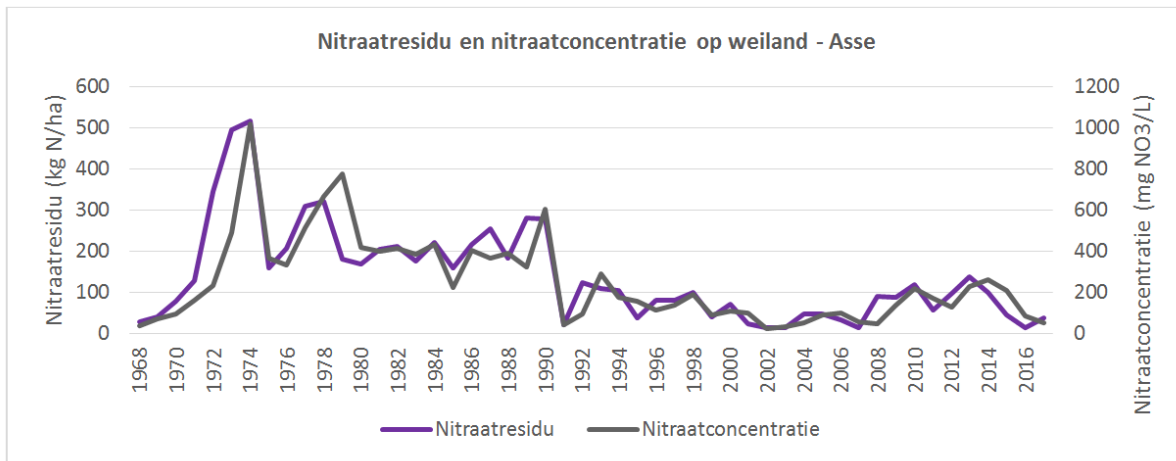
**Fig. 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland**



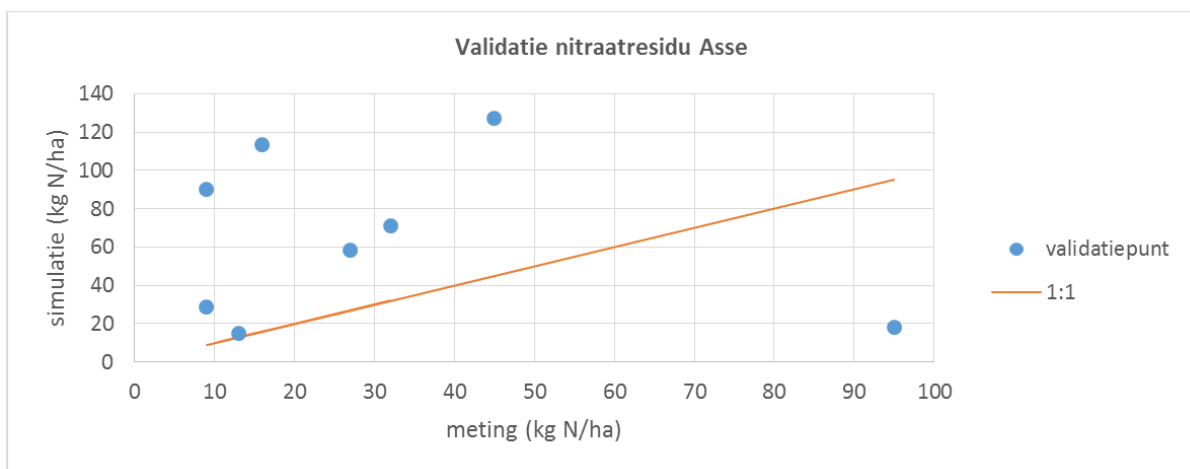
**Fig. 4.16: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland**



**Fig. 4.17 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland**



**Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)**



## 5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

### 5.1 Modelinvoer

#### Resultaten model onverzadigde zone

Het BFN model van de verzadigde zone loopt over een periode van 50 jaar (1968-2017). Het model van de onverzadigde zone levert jaarlijkse waarden voor de grondwateraanvulling en de nitraatconcentratie in het bodemperkolaat in elke gridpunt van een netwerk met een spatiale resolutie van 50 m. Deze ruimtelijke distributie werd geaggregeerd in een spatiaal gemiddelde met jaarwaarden voor de gemiddelde aanvulling per jaar en gemiddeld nitraatgehalte. Deze spatiale gemiddelden werden grafisch voorgesteld d.m.v. kolomgrafieken.

Het grondwateraanvulling (fig 5.1) heeft over de hele periode een gemiddelde van 176 mm/jaar, het gemiddelde van de laatste 10 jaar van de simulatie (2008-2017) ligt wat lager op 154 mm/jaar/.

Het berekende nitraatgehalte in het bodemperkolaat is voorgesteld in fig 5.2. De gemiddelde concentratie in de laatste 10 jaar lag op 114 mg/l, gedurende de laatste 5 jaar nog op 88 mg/l.

#### Reistijden en grondwater ouderdom

In de testsite Asse speelt de toevoer van grondwater via preferentiële flowpaths wellicht een grote rol. Deze vormen zich in uitgespoelde stroombanen. Reistijden zijn hiervoor quasi onmogelijk af te leiden, en een mediaanwaarde voor de reistijd werd met het model bepaald a.h.v. de fitting van de zomerpieken, waarbij vooral naar de pieken van de laatste 5 jaar gekeken werd. Een mediaan ouderdom van 6 jaar werd gebruikt.

#### Fractionerings coëfficiënten en maandelijkse tijdwegingsfactoren

De oppervlakte van het afstroomgebied bedraagt 80.75 ha.

Het seizoenaal concentratieverloop wordt vooral bepaald door verdunning in de winterperiode, door een grote bijdrage van runoff water, waardoor de concentraties verlagen t.o.v. de zomerwaarden. Vermits runoff niet expliciet in het model zit, maar nodig is om de seizoenale schommelingen te bekomen, wordt het hier in rekening gebracht als grondwaterinstroom van gereduceerd water, vandaar dat de FR\_OX fractioneringscoëfficiënt op 0 gezet werd. De hoeveelheid bijgevoegd nitraatvrij water varieert per maand volgens de baseflow wegingsfactor (tabel 5.1) met hoge bijdragen in de winter en lage in de zomer met een verhouding van 15 op 1 (winter t.o.v. zomer extremen). Deze hoeveelheid water bedraagt 60% van de nuttige neerslag. De overige 40% wordt via het drain mechanisme bijgevoegd. Deze is constant in de tijd (tabel 5.1). Daarbij is 40% van het drain water oxisch en nitraathoudend en 60% gereduceerd en nitraatvrij. Het oxisch water is het water dat via de bronnetjes en de

preferentiële flowpaths komt toegestroomd. Dit water is 6 jaar onderweg. De overige 60% is gereduceerd, de ouderdom is dan niet van belang.

**Tabel 5.1 Maandelijks wegingsfactoren in het model van de testsite Asse**

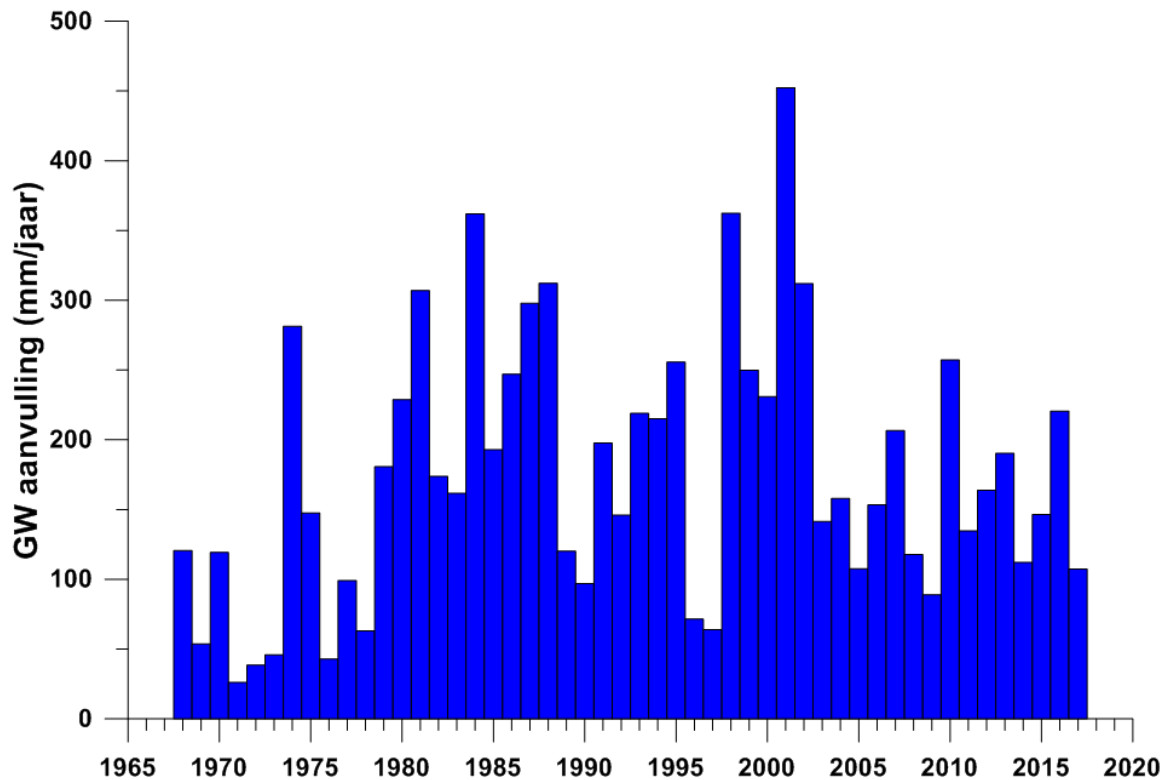
maand	Aanvulling (%)	Baseflow wegingsfactor	DRAIN inflow Ondiep water wegingsfactor	DRAIN inflow Diep water wegingsfactor
Jan	25.	2.50	1.00	1.50
Feb	11.	2.75	1.00	1.50
Mar	12.	3.00	1.00	1.50
Apr	10.	2.00	1.00	1.50
Mei	5.	1.50	1.00	1.50
Jun	0.	0.75	1.00	1.50
Jul	0.	0.50	1.00	1.50
Aug	0.	0.20	1.00	1.50
Sep	2.	0.25	1.00	1.50
Oct	9.	0.75	1.00	1.50
Nov	18.	1.50	1.00	1.50
Dec	21.	2.00	1.00	1.50

## 5.2 Modelresultaten

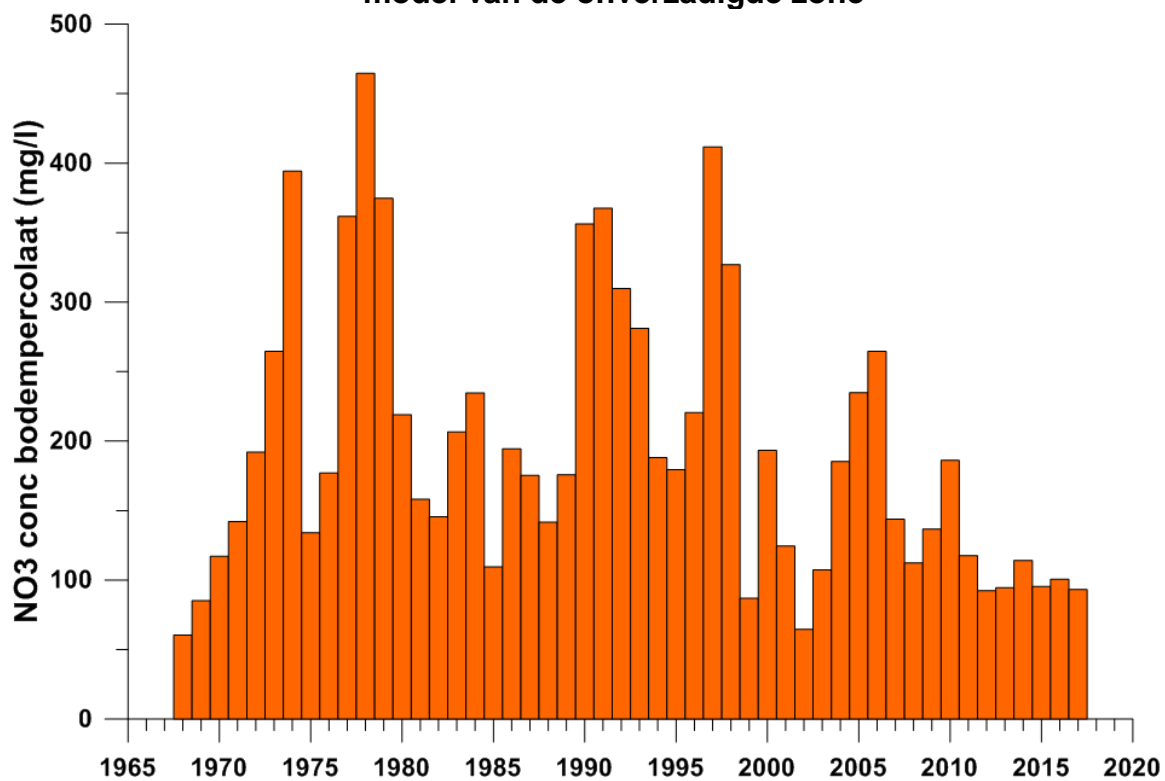
De berekende concentraties aan het MAP meetpunt voor de hele gesimuleerde periode (1968-2017) zijn voorgesteld in fig 5.3. Opmerkelijk is dat er 2 perioden met hoge zomerpieken voorkomen, eerst rond 1980 en nadien ook nog tussen 1995 en 2000, toen piekwaarden tot ca 80 mg/l voorkwamen, met een tussenliggende periode met lagere concentraties, vooral tussen 1985 en 1990. Sinds het maximum eind jaren 1990 is er in de zomerpieken een dalende tendens voorgekomen, en de laatste vijf jaar van de simulatie, na 2013, liggen ook de zomerpieken onder de 50 mg/l.

Vergelijking van de MAP meetreeks met de modelresultaten (fig 5.4) toont dat de seizoensale schommelingen goed worden gereproduceerd door het model: zowel zomermaxima als winterminima komen vrij goed overeen. De zomerpieken van 2006 t.e.m. 2009 worden door het model iets te hoog berekend. De gemiddelde opgemeten nitraatconcentratie in de meetperiode (vanaf 2003) bedraagt 31.83 mg/l. Het model berekent voor die periode 31.21 mg/l. In de periode 2007-2014 werd jaarlijks telkens eenmalig een zeer lage waarde vastgesteld. Deze zijn gerelateerd aan intense regenperioden.

**Fig 5.1 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**



**Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodempercolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**



**Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (1968-2017)**

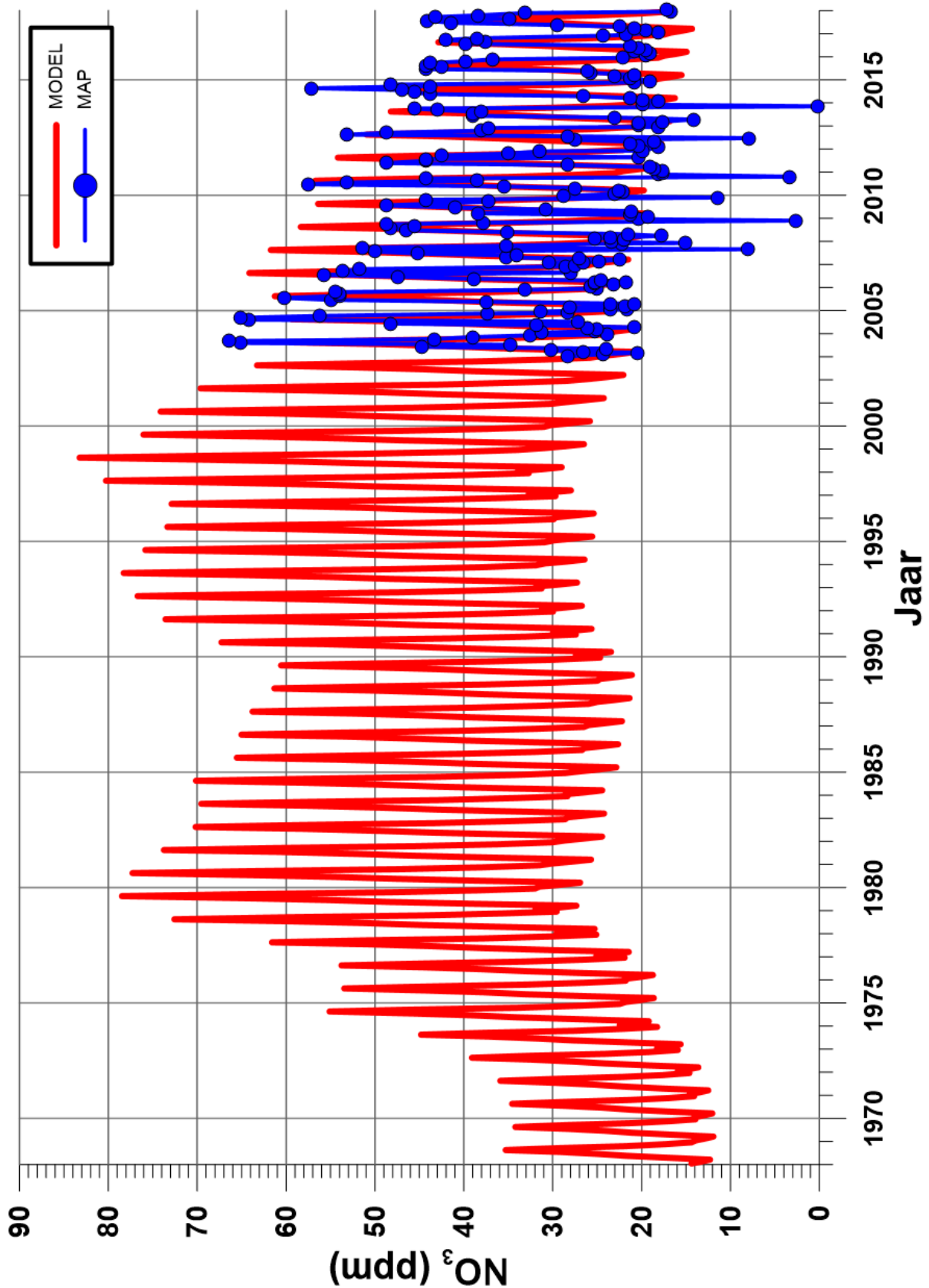
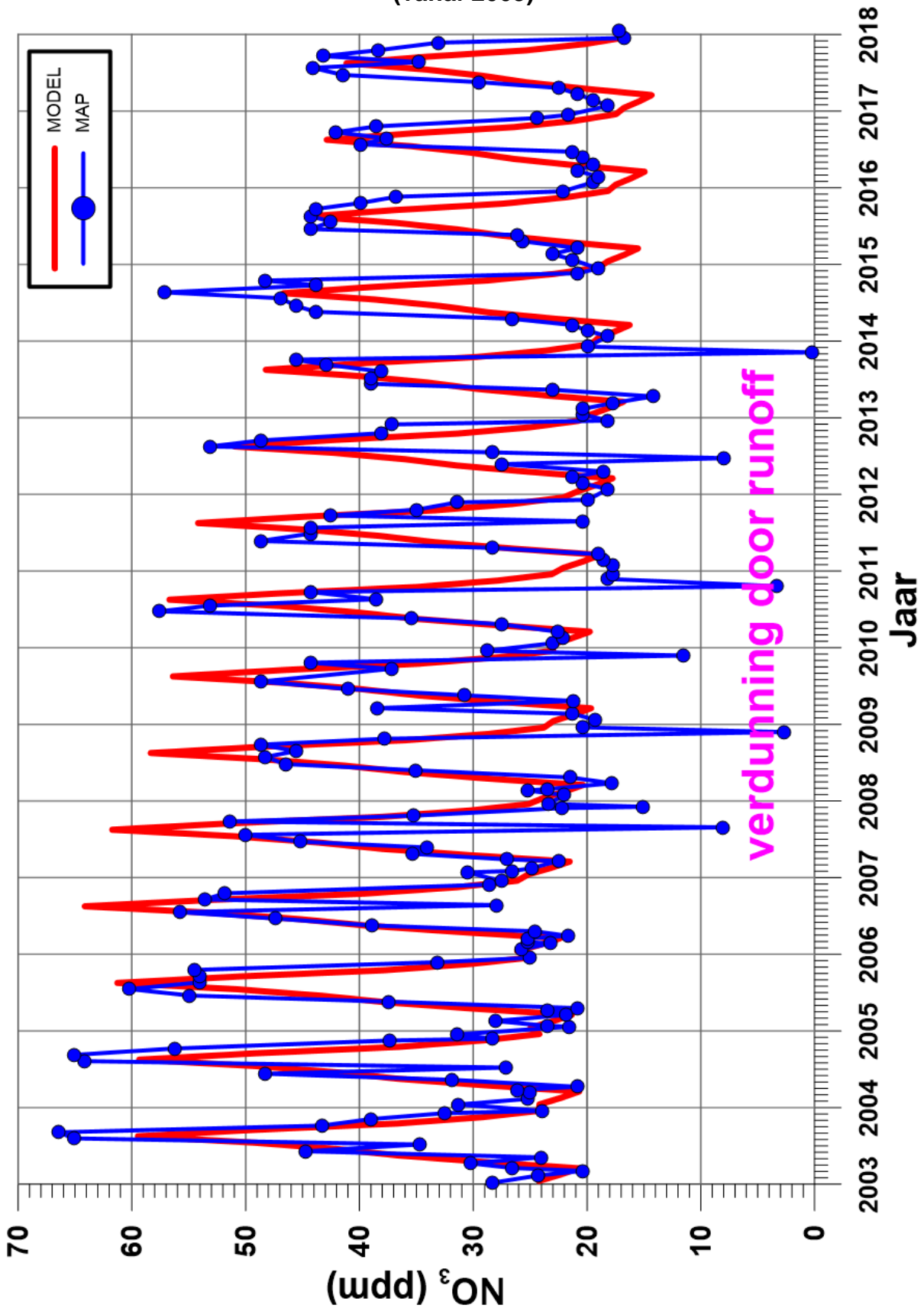


Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (vanaf 2003)





## 6 Synthese en conclusies

Deze testsite betreft MAP meetpunt 232900 in de Terheidenboslaan in Asse op een zijbeek van de Vliete Bollebeek. Het afstroomgebied bestaat uit een valleitje tussen twee heuvels. In het beekvalleitje komen bronnetjes voor waaruit nitraathoudend grondwater opkwelt dat de beek voedt. Tijdens het plaatsen van de peilbuizen is gebleken dat op korte afstand (nauwelijks 40 cm) van een belangrijke bron tot op 1 m diepte geen water werd tegengekomen in het boorgat. Dat laat vermoeden dat preferentiële stroomgangen een belangrijke toevoer vormen van nitraat naar de beek toe. De precieze reisweg en reistijden langsheen dergelijke uitgespoelde stroombanen zijn quasi onmogelijk te begroten.

De geologische opbouw is vrij afwisselend, doordat de vallei in stroomafwaartse richting verschillende tertiaire lagen aansnijdt. Bovenop het tertiair substraat komt een quartair dek voor dat stroomafwaarts in de vallei wel 10 m dik kan zijn, maar in dikte afneemt naar het valleihofd toe. De quartair bestaat uit kleihoudende loesafzettingen.

- In het meest stroomopwaarts deel ligt de vallei in de zandige afzettingen van de Formatie van St Huibrechts Herne.
- Daarna volgt een sectie waar de vallei rust op de “Bartoonklei” (Formatie van Maldegem)
- Voor het MAP meetpunt vormt de goed doorlatende Formatie Van Lede het substraat. Verder stroomafwaarts van het MAP meetpunt vormt het bovenste deel van de Formatie van Gentbrugge het substraat.

De nitraatmetingen aan het MAP meetpunt tonen een duidelijke seizoenaliteit waarbij de concentraties in de zomermaanden, gemiddeld ca 40 – 45 mg/l, ongeveer dubbel zo hoog zijn dan in de winter, ca 20 – 25 mg/l. Overschrijdingen van de 50 mg/l norm komen alleen in de zomer voor. De laatste 10 jaar wel minder vaak dan ervoor. Het seizoenaal gedrag lijkt erop te wijzen dat de instroom van nitraat hier via het grondwater gebeurt en er in de winter een verdunning met een factor twee gebeurt door de grotere bijdrage van nitraatarm runoff water.

Vijf peilbuizen werden langsheen het traject van de beek geplaatst, vanaf het MAP meetpunt in stroomopwaartse richting. Er werden twee bemonsteringscampagnes uitgevoerd in 2018 en de macro chemische componenten werden bepaald. In geen enkel van de 10 analyses werd evenwel een overschrijding van de 50 mg/l norm vastgesteld. De bicarbonaatgehalten zijn hoog maar wijzen op een variabele graad van kalkoplossing. Ze zijn mogelijk ook deels verhoogd door nitraatreductie door organisch materiaal. De chloridegehalten wijzen in het stroomafwaarts deel nabij het MAP meetpunt en in het meest stroomopwaarts deel van de vallei voor een bijmenging van water vanuit de mariene tertiaire lagen. Nabij het MAP meetpunt zijn dat dan de Lediaanzanden (Fm van Lede), in het valleihofd de zanden van St Huibrechts Herne. In de middenloop vormt de Bartoonklei het substraat en gebeurt de grondwaterstroming alleen in de quartaire deklaag. Hier zijn de chloridegehalten veel lager.

Het stroomgebied Asse bestaat grotendeels uit leembodems en wordt gekarakteriseerd door zowel landbouwgebruik (akkerbouw en veeteelt) als niet-landbouwgebruik (bossen, tuinen en parken). De historische bemestingsdruk is er minder groot dan in andere stroomgebieden. De combinatie van de lagere bemestingsdruk, het aanzienlijk aandeel bos en de bodemtextuur resulteert voor

Asse voor de periode 1968-2017 in een relatief lage gesimuleerde gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van  $194 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  in het percolerend water op een diepte van 90 cm. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van  $117 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$  gesimuleerd.

Het model van de verzadigde zone kan, vertrekkende van de nitraatconcentraties en grondwateraanvulling berekend met het model van de onverzadigde zone, de waargenomen seizoenale schommelingen van het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt goed reproduceren.